



P04NM-028DE

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 59 689 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**B 62 D 6/00**  
B 62 D 15/02  
B 62 D 5/04

⑳ Aktenzeichen: 100 59 689.4  
㉔ Anmeldetag: 1. 12. 2000  
㉕ Offenlegungstag: 21. 6. 2001

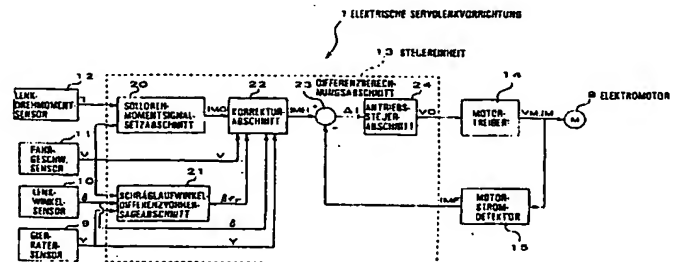
DE 100 59 689 A 1

③0 Unionspriorität:  
P 11-344118 03. 12. 1999 JP  
⑦1 Anmelder:  
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP  
⑦4 Vertreter:  
Weickmann & Weickmann, 81679 München

⑦2 Erfinder:  
Yamawaki, Shigeru, Wako, Saitama, JP; Shimizu,  
Yasuo, Wako, Saitama, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤4 Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung  
⑤7 Es wird eine Fahrdynamik-Regelvorrichtung offenbart. Diese Fahrdynamik-Regelvorrichtung umfasst: einen Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt (21) zum Vorhersagen einer Differenz ( $\beta_{fr}$ ) zwischen einem Schräglaufwinkel von Vorderrädern und einem Schräglaufwinkel von Hinterrädern; einen Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt (10) zum Erfassen eines Lenkwinkels ( $\delta$ ) des Fahrzeugs; sowie einen Steuerabschnitt (13) zum Steuern des Drehverhaltens des Fahrzeugs auf der Basis eines Winkeldifferenzsignals ( $\beta_{fr}$ ) von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt (21) und einem Lenkwinkelsignal ( $\delta$ ) von dem Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt (10).



DE 100 59 689 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung zum Steuern/Regeln des Fahrverhaltens des Fahrzeugs (Fahrndynamik), und insbesondere eine Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung für Kraftfahrzeuge, die eine genaue Erfassung des Fahrzustands auf der Basis eines Lenkwinkels als Eingangssignal von einem Fahrer des Fahrzeugs sowie einer Schräglaufwinkeldifferenz zwischen Vorder- und Hinterrädern als Ausgangssignal des Fahrzeugs gestattet.

Es sind verschiedene Vorrichtungen zum Steuern/Regeln des Fahrverhaltens bekannt. Solche Vorrichtungen umfassen eine elektrische Servolenkvorrichtung, eine Vierradlenkvorrichtung, eine Links-rechts-Antriebskraft-Verteilungsvorrichtung sowie eine Links-rechts-Bremskraft-Verteilungsvorrichtung. Von diesen Vorrichtungen gibt die elektrische Servolenkvorrichtung dem Fahrer durch das Lenkrad Information über die Straßenoberfläche (Straßenreaktionskraft), indem deren Hilfsdrehmoment geändert wird, und erzwingt eine Lenkbetätigung des Fahrers, um das Fahrverhalten zu stabilisieren. Abgesehen davon wird in anderen Vorrichtungen das Fahrverhalten durch Aktion vom Fahrzeug aus stabilisiert. Beispielsweise werden, im Falle einer Vierradlenkvorrichtung, die Hinterräder des Fahrzeugs verschwenkt, um die Abweichung der Istgierrate in Bezug auf die Sollgierrate zu reduzieren, und im Falle der Antriebskraft-Verteilungsvorrichtung wird die Verteilung der Antriebskraft an den linken und rechten Rädern geändert, und im Falle der Bremskraft-Verteilungsvorrichtung wird die Verteilung der Bremskraft an den linken und rechten Rädern geändert.

Die herkömmliche elektrische Servolenkvorrichtung umfasst hauptsächlich einen Lenkdrehmomentsensor, eine Steuereinheit, einen Motortreiber, einen Elektromotor und dergleichen. Der Lenkdrehmomentsensor erfasst ein vom Fahrer erzeugtes manuelles Lenkdrehmoment. Die Steuereinheit sendet ein Solldrehmomentsignal zum Antrieb des Elektromotors entsprechend dem Lenkdrehmoment und gibt ein Motorsteuersignal aus, um den Betrieb des Elektromotors auf der Basis des Solldrehmomentsignals zu steuern/regeln. Zur raschen Umwandlung eines in den Elektromotor fließenden Motorstroms in einen dem Solldrehmomentsignal entsprechenden Strom leitet die Steuereinheit ein Signal, welches dem tatsächlich in den Elektromotor fließenden Motorstrom entspricht, zu dem Solldrehmomentsignal zurück (negative Rückkopplung), um den Antrieb des Elektromotors zu regeln. Der Motortreiber ist beispielsweise aus einer Brückenschaltung mit Feldeffekttransistoren zusammengesetzt, und in der Brückenschaltung betreibt sie den Elektromotor mit PMW (Pulsweitenmodulation) auf der Basis des Motorsteuersignals. Dann dreht sich der Elektromotor und gibt dem Lenksystem ein Hilfsdrehmoment. Die elektrische Servolenkvorrichtung korrigiert das Solldrehmomentsignal durch Reduktion des Solldrehmomentsignals proportional zu einer zunehmenden Fahrzeuggeschwindigkeit auf der Basis eines an einem Geschwindigkeitssensor erfassten Geschwindigkeitssignals. Anders gesagt, bei Langsamfahrt gibt die elektrische Servolenkvorrichtung dem Lenksystem ein ausreichend großes Hilfsdrehmoment, um die Lenkbetätigung des Fahrers zu erleichtern, während bei schneller Fahrt die elektrische Servolenkvorrichtung dem Lenksystem ein kleines Hilfsdrehmoment gibt, um hierdurch das Fahrverhalten zu stabilisieren.

Der Anmelder offenbart in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. HEI-11-152057 eine elektrische Servolenkvorrichtung, die das Solldrehmomentsignal auf der Basis der Winkeldifferenz zwischen den vorderen und hinteren

Radschräglaufwinkeln des Fahrzeugs korrigiert. Zum Sammeln von Fahrzeuginformation umfasst diese elektrische Servolenkvorrichtung einen Geschwindigkeitssensor, einen Drehwinkelsensor, einen Gierratensensor, einen Lenkdrehmomentsensor und dergleichen. Die elektrische Servolenkvorrichtung umfasst ferner einen Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt und einen Korrekturabschnitt in der Steuereinheit. Der Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt berechnet die Schräglaufwinkeldifferenz zwischen den Vorder- und Hinterrädern auf der Basis eines Geschwindigkeitssignals von dem Geschwindigkeitssensor, einem Gierratensignal von dem Gierratensensor und Dimensionsparametern des Fahrzeugs und liefert ein Winkeldifferenzsignal. Der Korrekturabschnitt bestimmt, ob das Fahrzeug untersteuert oder übersteuert auf der Basis einer Richtung des Winkeldifferenzsignals und einer Richtung des Gierratensignals, und setzt einen geeigneten Korrekturbetrag entsprechend jedem Zustand. Der Korrekturabschnitt bestimmt auch den Untersteuerzustand, den Übersteuerzustand oder den Gegenlenkzustand auf der Basis einer Richtung des Winkeldifferenzsignals, einer Richtung des Differentialwerts des Winkeldifferenzsignals, einer Richtung des Gierratensignals und einer Richtung des Lenkradmoments an dem Lenkraddrehmomentsensor und setzt entsprechend jedem Zustand einen geeigneten Korrekturbetrag. Der Korrekturabschnitt korrigiert ferner den Korrekturbetrag, indem er das Solldrehmomentsignal erhöht oder verkleinert. Die elektrische Servolenkvorrichtung informiert daher den Fahrer über eine Änderung der Straßenreaktionskraft durch das Lenkrad, indem sie in Antwort auf den Untersteuerzustand, den Übersteuerzustand oder den Gegenlenkzustand ein Hilfsdrehmoment ändert.

Obwohl jedoch die elektrische Servolenkvorrichtung der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. HEI-11-152057 aus dem Winkeldifferenzsignal den Untersteuerzustand oder den Übersteuerzustand werten kann, und zwar unabhängig von einem Straßenreibungskoeffizient, kann eine Diskrepanz zwischen dem Winkeldifferenzsignal und dem tatsächlichen Fahrverhalten auftreten. Anders gesagt, weil der Fahrzustand auf der Basis des Winkeldifferenzsignals erfasst wird, kann es zu einem Fall kommen, in dem der Fahrzustand nicht richtig erfasst wird.

Allgemein ist für einen Bereich, in dem der Lenkwinkel (Drehwinkel der Vorderräder) größer ist, das Fahrzeug auf Untersteuerung (schwaches Untersteuern) ausgelegt. Wenn sich das Fahrzeug in einem Zustand befindet, in dem die Winkeldifferenz zwischen dem Vorderradschräglaufwinkel und dem Hinterradschräglaufwinkel 0 Grad ist, das heißt im neutralen Lenkzustand, befindet sich das Fahrzeug tatsächlich in einem Wechsel- oder Übergangszustand, kurz bevor es zum Übersteuerzustand wechselt. Was das Fahrverhalten betrifft, so ist der Untersteuerzustand stabiler als der Übersteuerzustand. Das Fahrzeug wird so gesteuert/geregelt, dass es nicht in den Übersteuerzustand kommt. Aus diesem Grund wird bevorzugt das Solldrehmomentsignal in dem Übergangszustand korrigiert, um auf den Übersteuerzustand vorbereitet zu sein. Insbesondere bei einem Sportwagen mit kleiner Gierträgheitsmasse sollte die Korrektur des Solldrehmomentsignals während des Übergangszustands erfolgen, da andernfalls die Gegenmaßnahme nicht rechtzeitig erfolgen könnte. Da jedoch bei der vorgenannten elektrischen Servolenkvorrichtung der Lenkwinkel (der Drehwinkel der Vorderräder) nicht als Parameter zum Bewerten der Fahrzustände benutzt wird, ist eine genaue Bewertung für diesen Übergangszustand nicht möglich. Daher korrigiert diese elektrische Servolenkvorrichtung das Solldrehmomentsignal nach dem Wechsel zum Übersteuerzustand. In einem Bereich größeren Lenkwinkels wird die Gierrate grö-

ber, was zu einer Empfindlichkeit im Hinblick auf den Übersteuerzustand führt. Aus diesem Grund wird bevorzugt das Solldrehmomentsignal während des Wechsels vom Untersteuerzustand zum Neutralsteuerzustand (der Einfachheit halber wird dieser als Untersteuerzustand gewertet), und wenn der Lenkwinkel größer wird, rasch korrigiert (d. h. in einem Bereich, in dem der Absolutwert zwischen dem Vorderradschräglaufwinkel und dem Hinterradschräglaufwinkel groß ist).

Wenn ferner die Fahrgeschwindigkeit höher ist oder wenn der Straßenreibkoeffizient niedrig ist, hat das Fahrzeug die Neigung, durch eine verminderte Seitenführungskraft von dem Untersteuerzustand heraus nach außen zu schieben bzw. abzudriften. Insbesondere bei einem schweren Fahrzeug mit größerer Trägheitsmasse hat das Fahrzeug die Neigung, dass sein Verhalten zu diesem Abdriftzustand wechselt. Das Wechseln zu dem Abdriftzustand (exzessiver Untersteuerzustand) wird nicht nur durch die Winkeldifferenz zwischen dem Vorderradschräglaufwinkel und dem Hinterradschräglaufwinkel bestimmt, sondern auch unter Berücksichtigung des Lenkwinkels. Je kleiner der Lenkwinkel, desto wahrscheinlicher ist das Wechseln zu dem Abdriftzustand, nämlich in einen Bereich, in dem die Winkeldifferenz zwischen dem Vorderradschräglaufwinkel und dem Hinterradschräglaufwinkel kleiner ist. Weil jedoch die herkömmliche elektrische Servolenkvorrichtung nicht den Lenkwinkel (Drehwinkel der Vorderräder) als Parameter zum Bewerten des Fahrzustands verwendet, kann keine genaue Bewertung durchgeführt werden, ob das Fahrzeug zu dem Abdriftzustand wechselt oder nicht.

Die Vierradlenkvorrichtung schwenkt effektiv die Hinterräder, wenn das Fahrzeug geradeaus fährt und die Sollgierrate klein ist, um die Istgierrate zu beschränken. Wenn jedoch die Sollgierrate groß ist, muss die Vierradlenkvorrichtung den Drehwinkel der Hinterräder entsprechend dem Straßenreibkoeffizient festlegen. Aus diesem Grund besteht Bedarf nach einer hochgenauen Erfassen des Straßenreibkoeffizienten, was die Schwierigkeit mit sich bringt, den Reibkoeffizienten direkt zu erfassen und komplizierte Berechnungen erforderlich macht, um den Reibkoeffizienten vorherzusagen. Ferner kann die Links-rechts-Antriebskraft-Verteilungsvorrichtung die Bremskraft überhaupt nicht effektiv steuern, wenn die Gierrate größer ist.

Im Hinblick auf die vorstehenden Nachteile vom Stand der Technik hat die Erfindung zum Ziel, eine Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung anzugeben, die den Fahrzustand genau erfasst und das Fahrverhalten entsprechend dem erfassten Fahrzustand steuert/regelt.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß eine Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung angegeben, umfassend:

einen Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt zum Vorhersagen einer Differenz zwischen einem Schräglaufwinkel von Vorderrädern und einem Schräglaufwinkel von Hinterrädern;  
einen Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt zum Erfassen eines Lenkwinkels des Fahrzeugs; und  
einen Steuer/Regelabschnitt zum Steuern/Regeln des Drehverhaltens des Fahrzeugs auf der Basis eines Winkeldifferenzsignals von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt und einem Lenkwinkelsignal von dem Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt.

Mit dieser Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung werden die Eingabe-Ausgabe-Beziehungen des Fahrzeugs durch das Lenkwinkelsignal erfasst, welches ein Eingangssignal von dem Fahrer zu dem Fahrzeug ist, und durch das Winkeldifferenzsignal, welches ein Ausgangssignal von dem Fahrzeug ist, was zu einer genauen Erfassung des Fahr-

zustands führt. Daher steuert/regelt die Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung das Drehverhalten des Fahrzeugs entsprechend dem erfassten Fahrzustand.

Ferner wird eine Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung vorgeschlagen, umfassend:  
einen Lenkdrehmomentsensor zum Erfassen eines Lenkdrehmoments eines Lenksystems;  
einen Elektromotor zum Anlegen eines Hilfsdrehmoments an das Lenksystem;  
eine Steuer/Regeleinheit mit einem Solldrehmomentsignal-Setzabschnitt zum Setzen eines Solldrehmomentsignals auf der Basis eines Lenkdrehmomentsignals von dem Lenkdrehmomentsensor; und  
einen Motortreiber zum Betreiben des Elektromotors auf der Basis des Solldrehmomentsignals,  
wobei die Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung ferner einen Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt aufweist, um eine Differenz zwischen einem Schräglaufwinkel von Vorderrädern und einem Schräglaufwinkel von Hinterrädern vorherzusagen, sowie einen Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt zum Erfassen eines Lenkwinkels des Fahrzeugs, wobei die Steuer/Regeleinheit einen Korrekturabschnitt aufweist, um das Solldrehmomentsignal auf der Basis eines Winkeldifferenzsignals von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt und einem Lenkwinkelsignal von dem Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt zu korrigieren, um das Drehverhalten des Fahrzeugs zu steuern/regeln.

Mit dieser Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung werden die Eingabe-Ausgabe-Beziehungen des Fahrzeugs durch das Lenkwinkelsignal erfasst, welches ein Eingangssignal von dem Fahrer zu dem Fahrzeug ist, sowie von dem Winkeldifferenzsignal, das ein Ausgabesignal von dem Fahrzeug ist, was zu einer genauen Erfassung des Fahrzustands führt. Ferner setzt die Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung einen Korrekturbetrag an dem Korrekturabschnitt entsprechend dem zu erfassenden Fahrzustand und erzeugt ein Hilfsdrehmoment auf der Basis des Solldrehmomentsignals unter Berücksichtigung des Korrekturbetrags. Im Ergebnis wird durch dieses korrigierte Hilfsdrehmoment eine Änderung der Straßenreaktionskraft durch das Lenkrad präzise zum Fahrer übertragen, und das Fahrverhalten wird durch Lenkbetätigung entsprechend dem Wunsch des Fahrers stabilisiert.

Bevorzugt setzt der Korrekturabschnitt einen Korrekturbetrag zur Korrektur des Solldrehmomentsignals auf der Basis eines Winkeldifferenzsignals von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt und eines Gierratensignals, das von einem Gierraten-Erfassungsabschnitt zu erfassen ist.

Weil bei dieser Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung der Korrekturabschnitt den Korrekturbetrag auf der Basis des Winkeldifferenzsignals und des Gierratensignals setzt, kann der Korrekturbetrag derart gesetzt werden, dass sowohl das Winkeldifferenzsignal als auch das Gierratensignal auf null gesenkt werden. Dann erzwingt die Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung eine Lenkbetätigung des Fahrers durch das Hilfsdrehmoment, welches den Korrekturbetrag berücksichtigt, um den Lenkwinkel zu verkleinern. Infolgedessen wird das Fahrverhalten stabilisiert, weil sowohl das Winkeldifferenzsignal als auch das Gierratensignal auf null abnehmen.

Bevorzugt berechnet der Schlupfwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt das Winkeldifferenzsignal auf der Basis eines Lenkwinkelsignals von dem Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt, eines Fahrgeschwindigkeitssignals, das von einem Fahrgeschwindigkeitssensor zu erfassen ist, eines Gierratensignals, das von einem Gierraten-Erfassungsabschnitt zu erfassen ist, sowie Dimensionsparametern des Fahrzeugs.

Mit dieser Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung kann die Winkeldifferenz unter Verwendung der am Fahrzeug angebrachten existierenden Sensoren vorhergesagt werden, ohne die tatsächliche Winkeldifferenz zu erfassen. Weil ferner die Parameter zum Berechnen der Winkeldifferenz direkt erfasst werden, wird die Genauigkeit der vorhergesagten Winkeldifferenz höher.

Nachfolgend werden bevorzugte Ausführungen der Erfindung nur als Beispiel anhand der beigefügten Zeichnungen beschrieben, worin:

Fig. 1 ist eine schematische Gesamtansicht einer elektrischen Servolenkvorrichtung;

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm eines Teils der elektrischen Servolenkvorrichtung von Fig. 1;

Fig. 3 zeigt ein Fahrzeugmodell (Zweiradmodell);

Fig. 4 ist ein Fahrtdiagramm des Fahrzeugs;

Fig. 5 ist ein Flussdiagramm des Betriebs eines Korrekturabschnitts der in Fig. 1 gezeigten elektrischen Servolenkvorrichtung einer ersten Ausführung;

Fig. 6 ist ein Flussdiagramm des Betriebs des Korrekturabschnitts der elektrischen Servolenkvorrichtung einer zweiten Ausführung;

Fig. 7 ist ein Graph von Charakteristika des Drehwinkelsignals  $\delta$  gegenüber einem Winkeldifferenz-Schwellenwert  $\beta_{fr1}$ ;

Fig. 8 ist ein Graph der Charakteristika des Drehwinkelsignals  $\delta$  gegenüber einem Winkeldifferenz-Schwellenwert  $\beta_{fr2}$ ;

Fig. 9 ist ein Graph von Charakteristika eines Winkeldifferenzsignal-Absolutwerts  $|\beta_{fr}|$  gegenüber einem Übersteuerkorrekturbetrag  $DO$ ;

Fig. 10 ist ein Graph von Charakteristika des Winkeldifferenzsignal-Absolutwerts  $|\beta_{fr}|$  gegenüber einem Untersteuerkorrekturbetrag  $DU$ ;

Fig. 11 ist ein Graph von Charakteristika des Winkeldifferenzsignal-Absolutwerts  $|\beta_{fr}|$  gegenüber einem Gegenlenkkorrekturbetrag  $DC$ ;

Fig. 12 ist ein Graph von Charakteristika eines Fahrgeschwindigkeitssignals  $V$  gegenüber einem Fahrgeschwindigkeitskoeffizienten  $K_r$ ; und

Fig. 13 ist ein Graph von Charakteristika eines Winkeldifferenz-Änderungsbetrags  $D_v$  gegenüber einem Winkeldifferenz-Änderungskoeffizienten  $K_v$ .

Eine Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung erfasst genau die Fahrzustände des Fahrzeugs auf der Basis einer Winkeldifferenz zwischen einem Vorderradschräglaufwinkel und einem Hinterradschräglaufwinkel, sowie einem Lenkwinkel, und steuert/regelt das Drehverhalten des Fahrzeugs entsprechend dem Fahrzustand. Eine elektrische Servolenkvorrichtung erzeugt ein Hilfsdrehmoment unter Berücksichtigung eines Korrekturbetrags, der entsprechend dem erfassten Fahrzustand gesetzt wird, und durch das korrigierte Hilfsdrehmoment wird eine Änderung der Straßenreaktionskraft durch das Lenkrad dem Fahrer genau übermittelt. Weil der Fahrer dazu gezwungen wird, eine Lenkbetätigung entsprechend dem Hilfsdrehmoment auszuführen, wird das Fahrverhalten durch die Lenkbetätigung des Fahrers stabilisiert. Diese Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung ist bei einer Vorrichtung anwendbar, die das Fahrverhalten beeinflussen kann, wie etwa einer elektrischen Servolenkvorrichtung, einer Vierradlenkvorrichtung, einer Links-rechts-Antriebskraft-Verteilungsvorrichtung sowie einer Links-rechts-Bremskraft-Verteilungsvorrichtung, und dergleichen. In dieser bevorzugten Ausführung wird die Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung bei einer elektrischen Servolenkvorrichtung angewendet. Ferner wird in dieser Ausführung ein Drehwinkel der Vorderräder als Lenkwinkel des Fahrzeugs verwendet, und ein Drehwinkelsensor wird

als Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt verwendet. Ferner umfasst in dieser Ausführung eine Steuereinheit einen Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt, und ein Mikroprozessor der Steuereinheit bearbeitet die Berechnungen des Winkeldifferenz-Vorhersageabschnitts.

Vor einer Erläuterung der elektrischen Servolenkvorrichtung dieser Ausführung werden von der elektrischen Servolenkvorrichtung zu erfassende Fahrzustände beschrieben.

Insbesondere werden anhand von Fig. 4 Fahrzustände, wenn der Fahrer das Fahrzeug fährt, unter Verwendung einer Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  zwischen einem Vorderradschräglaufwinkel  $\beta_f$  und einem Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  sowie einem Lenkwinkel  $\delta$  der Vorderräder beschrieben.

Vor Beginn der Erläuterung jedes in Fig. 4 gezeigten Fahrzustands werden Parameter des in dieser Ausführung benutzten Fahrzeugs anhand von Fig. 3 beschrieben. Um die Erläuterung zu vereinfachen, wird ein Zweiradmodell verwendet, wie in Fig. 3 gezeigt, bestehend aus einem Vorderrad FW und einem Hinterrad RW. Fig. 3 zeigt den Fall, in dem das Fahrzeug durch Lenkbetätigung des Fahrers im Uhrzeigersinn nach rechts schwenkt. Hier ist der Radstand des Fahrzeugs  $L$ , der Abstand zwischen der Achse des Vorderrads FW und dem Schwerpunkt CG des Fahrzeugs ist  $L_f$ , und der Abstand zwischen der Achse des Hinterrads RW und dem Schwerpunkt CG des Fahrzeugs ist  $L_r$ .

Das Fahrzeug dreht um die Drehmitte CT durch Lenkbetätigung des Fahrers, mit einem Drehradius  $\rho$ , einer Gierrate  $Y$  und einer Fahrgeschwindigkeit  $V$ . Ein Lenkwinkel  $\delta$  des Vorderrads bezeichnet einen Winkel in einer Richtung (Orientierung) des Vorderrads DFW in Bezug auf eine Richtung (Orientierung) des Hinterrads DRW. Der Lenkwinkel  $\delta$ , die Gierrate  $Y$  und die Fahrgeschwindigkeit  $V$  werden in Uhrzeigerichtung als positiv (plus) bezeichnet, und in Gegenuhrzeigerichtung als negativ (minus).

Ein Vorderradschräglaufwinkel  $\beta_f$  bezeichnet einen Winkel in Bewegungsrichtung des Vorderrads RFW in Bezug auf die Richtung bzw. Ebene des Vorderrads DFW, und ein Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  bezeichnet einen Winkel in Fortbewegungsrichtung des Hinterrads RRW in Bezug auf die Richtung bzw. Ebene des Hinterrads DRW. Die Winkeldifferenz zwischen dem Vorderradschräglaufwinkel  $\beta_f$  und dem Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  ergibt sich durch die Gleichung  $\beta_{fr} = \beta_f - \beta_r$ . Der Schwimmwinkel am Schwerpunkt CG ist mit  $\beta$  bezeichnet. Der Vorderradschräglaufwinkel  $\beta_f$ , der Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$ , die Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  und der Schwimmwinkel  $\beta$  werden in Uhrzeigerichtung als positiv (plus) bezeichnet und in Gegenuhrzeigerichtung als negativ (minus). Wenn der Fahrer das Lenkrad in Uhrzeigerichtung dreht, ist die Fortbewegungsrichtung des Vorderrads RFW in Bezug auf die Richtung des Vorderrads DFW in der Gegenuhrzeigerichtung, und der Vorderradschräglaufwinkel  $\beta_f$  wird positiv (plus). Ähnlich wird der Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  positiv (plus). Die Richtung (das Vorzeichen) der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  bleibt positiv (plus), bis der Absolutwert des Hinterradschräglaufwinkels  $|\beta_r|$  größer als der Absolutwert des Vorderradschräglaufwinkels  $|\beta_f|$  wird.

Der Vorderradschräglaufwinkel  $\beta_f$  und der Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  ergeben sich durch folgende Gleichungen (1) und (2):

$$\beta_f = -\beta - L_f \cdot Y/V + \delta \quad (1)$$

$$\beta_r = -\beta + L_r \cdot Y/V \quad (2)$$

wobei  $Y$ : Gierrate,  $V$ : Fahrgeschwindigkeit,  $\delta$ : Lenkwinkel,  $L_f$ : Abstand zwischen der Achse des Vorderrads FW und dem Schwerpunkt CG des Fahrzeugs, und  $L_r$ : Abstand zwi-

schen der Achse des Hinterrads RW und dem Schwerpunkt CG des Fahrzeugs.

Ferner wird die Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  durch die folgende Gleichung (3) angegeben, die man aus den Gleichungen (1) und (2) erhält:

$$\beta_{fr} = \beta_f - \beta_r = -L \cdot Y/V + \delta \quad (3)$$

Wenn der Drehradius  $\rho$  mit  $\rho = V/Y$  angegeben wird, erhält man die Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  durch die folgende Gleichung (4), und der Drehradius  $\rho$  wird durch die folgende Gleichung (5) angegeben.

$$\beta_{fr} = -L/\rho + \delta \quad (4)$$

$$\rho = L/(\delta - \beta_{fr}) \quad (5)$$

Nun wird jeder Fahrzustand anhand eines in Fig. 4 gezeigten Fahrdiagramms beschrieben.

In Fig. 4 gibt die horizontale Achse den Drehwinkel  $\delta$  (Grad) an, in dem die Uhrzeigerrichtung als positiv (plus) bestimmt wird und die Gegenuhrzeigerrichtung als negativ (minus) bestimmt wird. Die vertikale Achse gibt die Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  (Grad) an, worin die Gegenuhrzeigerrichtung als positiv (plus) bestimmt wird und die Uhrzeigerrichtung als negativ (minus) bestimmt wird. Die Linie NL gibt die Neutralsteuerlinie an (d. h. das Fahrzeug ist in einem Neutralsteuerzustand), in dem die Winkeldifferenz  $\beta_{fr} = 0$  (Grad) ist. Wenn die Gierrate  $Y = 0$  (Grad/Sekunde) (d. h. das Fahrzeug geradeaus fährt), ist aus Gleichung (3) die Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  gleich dem Drehwinkel  $\delta$ , gezeigt durch die Linie A. In Linie A ist der Drehradius  $\rho \infty$ , d. h.  $\rho =$  unendlich. Wenn man ferner die Linie A als Grenze betrachtet, dreht das Fahrzeug im unteren rechten Bereich von der Linie A nach rechts, und dreht in dem oberen linken Bereich von der Linie A nach links. Wie mit den gestrichelten Linien gezeigt, verschiebt sich die Linie A entlang der Achse der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  (Vertikalachse), wobei der Drehradius  $\rho$  ein Parameter der Gleichung (4) ist.

Wenn das Fahrzeug nach rechts dreht (d. h. von der Linie A in den unteren rechten Bereich) und die Winkeldifferenz  $\beta_{fr} > 0$  ist, ist das Fahrzeug in einem Untersteuerbereich UA1 mit der Neutralsteuerlinie NL als Grenze. Wenn hingegen die Winkeldifferenz  $\beta_{fr} < 0$ , befindet sich das Fahrzeug in einem Übersteuerbereich OA2. Wenn der Untersteuerzustand stärker wird und der Absolutwert der Winkeldifferenz  $|\beta_{fr}|$  größer wird, befindet sich das Fahrzeug in einem Abdriftbereich DA1. Wenn der Übersteuerzustand zunimmt und der Absolutwert der Winkeldifferenz  $|\beta_{fr}|$  größer wird, befindet sich das Fahrzeug in einem Schleuderbereich SA2. Das Fahrzeug hat die Tendenz, von dem Untersteuerzustand zu dem Übersteuerzustand zu wechseln, denn je größer der Absolutwert des Drehwinkels  $|\delta|$  ist, desto größer ist der Absolutwert der Gierrate  $|Y|$ . Aus diesem Grund ist ein Übersteuer-Übergangsbereich TA1 innerhalb des Bereichs vorgesehen, wo die Winkeldifferenz  $\beta_{fr} > 0$  ist und wo der Drehwinkel über einem gewissen Wert liegt, d. h.  $\delta_1$ . Der Übersteuer-Übergangsbereich TA1 liegt zwischen der Neutrallenklinie NL und der Grenzlinie D, welche aus dem Drehwinkel  $\delta_1$  gebildet ist, wobei der Drehwinkel  $\delta_1$  und die Winkeldifferenz  $\beta_{fr} = 0$  als Basispunkt dienen, und in einer solchen Richtung, dass die Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  proportional zum Drehwinkel  $\delta$  zunimmt.

Wenn das Fahrzeug nach links dreht (d. h. von der Linie A in den oberen linken Bereich) und die Winkeldifferenz  $\beta_{fr} < 0$ , befindet sich das Fahrzeug in einem Untersteuerbereich UA2 mit der Neutralenlenklinie NL als Grenze. Wenn hingegen die Winkeldifferenz  $\beta_{fr} > 0$ , befindet sich das Fahrzeug

in einem Übersteuerbereich OA1. Wenn der Untersteuerzustand zunimmt und der Absolutwert der Winkeldifferenz  $|\beta_{fr}|$  größer wird, befindet sich das Fahrzeug in einem Abdriftbereich DA2. Wenn der Übersteuerzustand stärker wird und der Absolutwert der Winkeldifferenz  $|\beta_{fr}|$  größer wird, befindet sich das Fahrzeug in einem Schleuderbereich SA1. Ähnlich der Rechtsdrehung ist in dem Bereich der Winkeldifferenz  $\beta_{fr} < 0$  ein Übersteuer-Übergangsbereich TA2 vorgesehen.

In Fig. 4 sind die Untersteuerbereiche UA1, UA2 als unschraffierte Bereiche dargestellt, die Übersteuerbereiche OA1, OA2 als weit schräglinierte Bereiche, die Abdriftbereiche DA1, DA2 als eng schräglinierte Bereiche und die Übersteuer-Übergangsbereiche TA1, TA2 sind als Gitterlinienbereiche dargestellt.

Die Abdriftbereiche DA1, DA2 liegen innerhalb eines Bereichs, in dem der Absolutwert der Winkeldifferenz  $|\beta_{fr}|$  proportional zum Absolutwert des Drehwinkels  $|\delta|$  kleiner wird, so dass sie durch die Untersteuerbereiche UA1, UA2 hindurchgehen. Anders gesagt, jede Grenzlinie B, C zwischen den Abdriftbereichen DA1, DA2 und den Untersteuerbereichen UA1, UA2 bildet eine gerade Linie, in der der Absolutwert der Winkeldifferenz  $|\beta_{fr}|$  proportional zum Absolutwert des Drehwinkels  $|\delta|$  zunimmt. Die Übersteuer-Übergangsbereiche TA1, TA2 liegen in einem Bereich, in dem der Absolutwert der Winkeldifferenz  $|\beta_{fr}|$  proportional zum Absolutwert des Drehwinkels  $|\delta|$  größer wird, so dass sie durch die Untersteuerbereiche UA1, UA2 hindurchgehen. Anders gesagt, jede Grenzlinie D, E zwischen den Übersteuer-Übergangsbereichen TA1, TA2 und dem Untersteuerbereich UA1, UA2 bildet eine gerade Linie, in der der Absolutwert der Winkeldifferenz  $|\beta_{fr}|$  proportional zum Absolutwert des Drehwinkels  $|\delta|$  zunimmt.

Anhand von Fig. 1 wird nun die Gesamtanordnung einer elektrischen Servolenkvorrichtung 1 beschrieben. Die elektrische Servolenkvorrichtung 1 umfasst ein Lenkrad 2, eine Lenkwelle 3, ein Hypoidgetriebe 4, einen Zahnstangen- und Ritzel-Mechanismus 5, eine Spurstange 6, vordere Lenkräder 7, einen Elektromotor 8, um dem Lenksystem ein Hilfsdrehmoment zu verleihen, eine Steuereinheit 13, einen Motortreiber 14 und einen Motorstromdetektor 15. Zum Erhalt von Fahrzeuginformation umfasst die elektrische Servolenkvorrichtung 1 ferner, als Gierratenerfassungsabschnitt, einen Gierratensensor 9, einen Drehwinkelsensor 10, einen Fahrgeschwindigkeitssensor 11 und einen Lenkdrehmomentsensor 12.

Der Gierratensensor 9 erfasst eine in dem Fahrzeug entstehende Gierrate und gibt ein Gierratensignal Y aus, das entsprechend der erfassten Gierrate in ein elektrisches Signal gewandelt ist. Der Drehwinkelsensor 10 erfasst einen Drehwinkel des Vorderrads 7 und gibt ein Drehwinkelsignal  $\delta$  aus, das entsprechend dem erfassten Drehwinkel in ein elektrisches Signal gewandelt ist. Der Fahrgeschwindigkeitssensor 11 erfasst eine Fahrgeschwindigkeit und gibt ein Fahrgeschwindigkeitssignal V aus, das entsprechend der erfassten Fahrgeschwindigkeit in ein elektrisches Signal gewandelt ist. Der Lenkdrehmomentsensor 12 erfasst ein von dem Lenkrad 2 erzeugtes Lenkdrehmoment und gibt ein Lenkdrehmomentsignal T aus, das entsprechend dem erfassten Lenkdrehmoment in ein elektrisches Signal gewandelt ist. Das Drehwinkelsignal  $\delta$  kann auch aus einem Lenkwinkel der Lenkwelle 3 berechnet werden. Auch kann das Gierratensignal Y aus dem Drehwinkelsignal  $\delta$  und dem Fahrgeschwindigkeitssignal V berechnet werden. Diese Sensoren sind nicht auf eine Konstruktion zur Ausgabe jeweiliger Signale an die elektrische Servolenkvorrichtung 1 beschränkt. Die Sensoren können die Signale zu anderen an dem Fahrzeug angebrachten Vorrichtungen ausgeben. Alternativ kön-



nen die an der anderen Vorrichtung angebrachten existierenden Sensoren anstelle dieser Sensoren verwendet werden.

Das Gierratensignal Y, das Drehwinkelsignal  $\delta$ , das Fahrgeschwindigkeitssignal V und das Lenkdrehmomentsignal T haben jeweils einen Betrag und eine Richtung und werden der Steuereinheit 13 zugeführt. In Bezug auf die Richtungen des Gierratensignals Y, des Drehwinkelsignals  $\delta$ , des Fahrgeschwindigkeitssignals V und des Lenkdrehmomentsignals T wird die Uhrzeigerrichtung als positiv (plus) bestimmt, wohingegen die Gegenuhrzeigerrichtung als negativ (minus) bestimmt wird.

Wenn der Fahrer das Lenkrad 2 dreht, wird ein in der Lenkwelle 3 erzeugtes manuelles Lenkdrehmoment durch den Zahnstangen-und-Ritzel-Mechanismus 5 in eine Schubkraft in axialer Richtung der Zahnstange 5b umgewandelt. Bei dieser Konstruktion des Zahnstangen-und-Ritzel-Mechanismus 5, bei dem an der Zahnstange 5b mit dem Ritzel 5a kämmende Zähne 5c angeformt sind, wird, durch den Kämmeingriff zwischen dem Ritzel 5a und den Zähnen 5c eine Drehkraft des Ritzels 5a in eine Hin- und Herbewegung entlang der Zahnstange 5b umgewandelt. Die elektrische Servolenkvorrichtung 1 wandelt dann diese axiale Schubkraft in der Zahnstange 5b durch die Spurstange 6 in eine Laufrichtung der Vorderräder 7.

Die elektrische Servolenkvorrichtung 1 treibt den Elektromotor 8 entsprechend dem Lenkdrehmomentsignal T an, um das manuelle Lenkdrehmoment zu unterstützen. Das an dem Elektromotor 8 erzeugte Drehmoment wird durch das Hypoidgetriebe 4 in ein Hilfsverstärkungsmoment umgewandelt, und das Hilfsverstärkungsmoment wird der Lenkwelle 3 zugeführt. Im Ergebnis wird das vom Fahrer an die Lenkwelle 3 anzulegende manuelle Drehmoment gesenkt.

Diese Steuer/Regeleinheit umfasst grundlegend einen Mikroprozessor und umfasst verschiedene Betriebseinheiten, Prozesseinheiten, Bestimmungsabschnitte, Schaltabschnitte, einen Signalerzeugungsabschnitt, Speicher usw. Die Steuereinheit 13 erzeugt ein Solldrehmomentsignal IMO entsprechend dem Lenkdrehmomentsignal T. Ferner gibt die Steuereinheit 13 ein Motorsteuersignal VO, welches einer Differenz (negative Rückkopplung) zwischen dem Solldrehmomentsignal IMO und einem von dem Motorstromdetektor 15 eingegebenen Motordrehmomentsignal IMF entspricht, an den Motortreiber 14 (Fig. 2) aus. Die Steuereinheit 13 regelt den Motortreiber 14 durch das Motorsteuersignal VO derart, dass die Differenz (zwischen dem Solldrehmomentsignal IMO und einem Motordrehmomentsignal IMF) rasch beseitigt wird, so dass es 0 wird.

Wie in Fig. 2 gezeigt, umfasst die Steuereinheit 13 ferner einen Schräglaufrückwärtswinkel-Vorhersageabschnitt 21 und einen Korrekturabschnitt 22 zur Korrektur des Solldrehmomentsignals IMO durch einen Korrekturbetrag, der jedem Fahrzustand (Verhalten des Fahrzeugs) entspricht. Der Schräglaufrückwärtswinkel-Vorhersageabschnitt 21 berechnet und vorhersagt eine Winkeldifferenz  $\beta$  aus Gleichung (3), auf der Basis des Gierratensignals Y, des Drehwinkelsignals  $\delta$ , des Fahrgeschwindigkeitssignals V und dem Fahrzeugdimensionsparameter (Radstand L), und gibt das Winkeldifferenzsignal  $\beta$  an den Korrekturabschnitt 22 aus. Der Korrekturabschnitt 22 bestimmt dann, auf der Basis des Winkeldifferenzsignals  $\beta$  und des Drehwinkelsignals  $\delta$ , ob das Fahrzeug in dem Untersteuerzustand, dem Abdriftzustand, dem Übersteuerzustand oder dem Übersteuer-Übergangszustand, und korrigiert dann das Solldrehmomentsignal IMO durch den Korrekturbetrag, der entsprechend den jeweiligen Fahrzuständen zu setzen ist. Der Korrekturabschnitt 22 bestimmt, auf der Basis des Winkeldifferenzsignals  $\beta$ , eines Winkeldifferenz-Änderungsbetragsignals Dv, des Gierratensignals Y und des Lenkdrehmomentsignals T, ob sich das Fahrzeug in dem Untersteuerzustand befindet, dem Abdriftzustand, dem Übersteuerzustand, dem Übersteuer-Übergangszustand oder einem exzessiven Gegenlenkzustand, und korrigiert dann das Solldrehmomentsignal IMO durch den Korrekturbetrag, der entsprechend den jeweiligen Fahrzuständen zu setzen ist.

Der Motortreiber 14 umfasst eine Brückenschaltung, die als Schaltelemente zum Beispiel vier Leistungs-FETs (Feldeffekttransistoren), bipolare Isolierschicht-Transistoren (IGBT) usw. umfassen. Der Motortreiber 14 legt an den Elektromotor 8 auf der Basis des Motorsteuersignals VO eine PWM-(pulsweitenmodulierte)-Motorspannung VM an, um den Elektromotor 8 entweder in Vorwärts- oder Rückwärtsdrehrichtung PWM-mäßig anzutreiben. In dem Elektromotor 8 fließt ein Motorstrom IM, so dass der Elektromotor 8 ein zum Motorstrom IM proportionales Drehmoment erzeugt.

Der Motorstromdetektor 15 umfasst einen Widerstand, ein Lochelement oder dergleichen, das seriell mit dem Elektromotor 8 zu verbinden ist, und erfasst den Motorstrom IM, der tatsächlich in den Elektromotor 8 fließt, indem er diesen in eine Spannung umwandelt. Der Motorstromdetektor 15 führt dann ein Motordrehmomentsignal IMF, welches dem erfassten Motorstrom IM entspricht, zur Steuereinheit 13 zurück (negative Rückkopplung).

Anhand von Fig. 2 wird nun die Steuereinheit 13 der elektrischen Servolenkvorrichtung 1 beschrieben. Die Steuereinheit 13 umfasst einen Solldrehmomentsignal-Setabschnitt 20, einen Schräglaufrückwärtswinkel-Vorhersageabschnitt 21, einen Korrekturabschnitt 22, einen Differenzberechnungsabschnitt 22 sowie einen Antriebssteuerabschnitt 24.

Der Solldrehmomentsignal-Setabschnitt 21 besitzt einen Speicher, wie etwa ein ROM (Festwertspeicher), und speichert Daten entsprechend den Lenkdrehmomentsignaldaten T und den Solldrehmomentsignaldaten IMO, die vorab auf der Basis experimenteller Werte oder konstruktiver Werte gesetzt wurden, mit der Fahrgeschwindigkeit V als Parameter. Das Lenkdrehmomentsignal T von dem Lenkdrehmomentsensor 12 und das Fahrgeschwindigkeitssignal V von dem Fahrgeschwindigkeitssensor 11 werden in den Solldrehmomentsignal-Setabschnitt 20 eingegeben. Der Solldrehmomentsignal-Setabschnitt 20 liest die entsprechenden Solldrehmomentsignaldaten IMO auf der Basis des Lenkdrehmomentsignals T und des Fahrgeschwindigkeitssignals V und führt das Solldrehmomentsignal IMO dem Korrekturabschnitt 22 zu. Das Solldrehmomentsignal IMO ändert sich proportional zur Fahrgeschwindigkeit V, so dass es, wenn die Fahrgeschwindigkeit niedrig ist, das heißt die Straßenreaktionskraft groß ist, einen großen Wert einnimmt, hingegen, wenn die Fahrgeschwindigkeit hoch ist, es einen kleinen Wert einnimmt, um das Fahrzeug während der Fahrt stabil zu halten. Das Solldrehmomentsignal IMO ändert sich auch proportional zum Lenkdrehmoment T, so dass es, wenn das Lenkdrehmomentsignal T in der Nähe von 0 liegt, 0 einnimmt, und es, wenn das Lenkdrehmomentsignal T über einen gewissen Wert ansteigt, entsprechend dem zunehmenden Lenkdrehmomentsignal T zunimmt. Weil in dem Elektromotor 8 der maximale Strom fließt, wird das Solldrehmomentsignal IMO unter dem maximalen Solldrehmomentsignal gesetzt.

Der Schräglaufrückwärtswinkel-Vorhersageabschnitt 21 besitzt einen Speicher, wie etwa ein ROM, und eine Arbeitseinheit. Das Gierratensignal Y von dem Gierratensensor 9, das Drehwinkelsignal  $\delta$  von dem Drehwinkelsensor 10 und das Fahrgeschwindigkeitssignal V von dem Fahrgeschwindigkeitssensor 11 werden in den Schräglaufrückwärtswinkel-Vorhersageabschnitt 21 eingegeben, und der Schräglaufrückwärtswinkel-Vorhersageabschnitt 21

keldifferenz-Vorhersageabschnitt 21 gibt das Winkeldifferenzsignal  $\beta_{fr}$  an den Korrekturabschnitt 22 aus. Der Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt 21 berechnet und vorhersagt eine Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  zwischen dem Vorderradschräglaufwinkel  $\beta_f$  und dem Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  als Fahrverhalten aus der Gleichung (3), und zwar auf der Basis des Gierratensignals Y, des Drehwinkelsignals  $\delta$ , des Fahrgeschwindigkeitssignals V sowie von Fahrzeugdimensionsparametern (in dieser bevorzugten Ausführung Radstand L), die in dem Speicher gespeichert sind. Aus diesem Grund braucht der Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt 21 die Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  nicht direkt erfassen. Eine genaue Vorhersage der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  kann mit Hilfe existierender Sensoren erfolgen. Weil ferner der Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt 21 die Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  aus der Gleichung (3) berechnet, braucht keine Differential-Prozessorschaltung als Arbeitseinheit vorgesehen werden, um hierdurch eine Rauschvermischung zu verhindern. Das Winkeldifferenzsignal  $\beta_{fr}$  hat einen Betrag und eine Richtung, die in der Uhrzeigerrichtung als positiv (plus) bestimmt werden und in der Gegenuhrzeigerrichtung als negativ (minus).

Der Korrekturabschnitt 22 besitzt einen Speicher, wie etwa ein ROM, und softwaregesteuerte Vergleichs-, Schalt- und Berechnungsfunktionen. Der Korrekturabschnitt 22 speichert Winkeldifferenzschwellenwerte  $\beta_{fr1}$  und  $\beta_{fr2}$  entsprechend dem Drehwinkel  $\delta$  sowie einen Korrekturbetrag entsprechend der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  (Übersteuer-Korrekturbetrag DO, Untersteuer-Korrekturbetrag DU und Gegenlenk-Korrekturbetrag DC) in dem ROM. Der Korrekturabschnitt 22 erzeugt ferner einen entsprechenden Korrekturbetrag auf der Basis des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt 21 und dem Drehwinkelsignal  $\delta$  von dem Drehwinkelsensor 10 und liefert dem Differenzberechnungsabschnitt 23 ein Solldrehmomentsignal IMH, das durch Korrektur des Solldrehmomentsignals IMO durch den Korrekturbetrag erzeugt worden ist. Die Winkeldifferenzschwellenwerte  $\beta_{fr1}$ ,  $\beta_{fr2}$  sind vorab entsprechend dem Drehwinkel  $\delta$  festgelegt und beruhen auf experimentellen Werten oder konstruktiven Werten, und sie haben eine entsprechende Relation zu dem Drehwinkelsignal  $\delta$ , wie in den Fig. 7 und 8 gezeigt. Der Übersteuer-Korrekturbetrag DO, der Untersteuer-Korrekturbetrag DU und der Gegenlenk-Korrekturbetrag DC sind vorab entsprechend der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  festgelegt und beruhen auf experimentellen Werten oder konstruktiven Werten, und haben eine entsprechende Beziehung zu dem Winkeldifferenzsignal-Absolutwert  $|\beta_{fr}|$ , wie in den Fig. 9 bis 11 gezeigt.

Der Korrekturabschnitt 22 bestimmt, dass das Fahrzeug in einem normalen Fahrzustand ist, in dem das Fahrverhalten stabil ist, wenn das Fahrverhalten in den Untersteuerbereich UA1, UA2 fällt. Hierbei ist der Korrekturbetrag 0, und der Korrekturabschnitt 22 gibt das Solldrehmomentsignal als IMH = IMO aus.

Wenn das Fahrverhalten in einem anderen Bereich als den Untersteuerbereich UA1, UA2 fällt, bestimmt der Korrekturabschnitt 22, dass das Fahrverhalten instabil wird. Hierbei wählt der Korrekturabschnitt 22 einen Korrekturbetrag entsprechend der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  und korrigiert das Solldrehmomentsignal IMO. Um eine Lenkbetätigung in einer Richtung zu erzwingen, wenn der Drehwinkel  $\delta$  abnimmt, gibt der Korrekturabschnitt 22 das Solldrehmomentsignal als IMH < IMO aus, indem es den Korrekturbetrag von dem Solldrehmomentsignal IMO subtrahiert, oder gibt das Solldrehmomentsignal als IMH > IMO aus, indem es den Korrekturbetrag zu dem Solldrehmomentsignal IMO addiert.

Um das Fahrverhalten noch weiter zu stabilisieren, er-

folgt eine Unterstützung idealerweise durch ein Hilfsdrehmoment derart, dass der Drehwinkel  $\delta$  durch Lenkbetätigung in einer Richtung gelenkt wird, in der die Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  und die Gierrate Y null werden. Der Korrekturabschnitt 22 setzt dann den Korrekturbetrag auf der Basis der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  und der Gierrate Y. Zuerst wird der Drehwinkel  $\delta$  durch die folgende Gleichung (6) erhalten, die aus der Gleichung (3) abgeleitet ist. Ferner wird, um die Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  und die Gierrate Y in Richtung auf null zu senken, ein idealer Korrekturbetrag VC durch die folgende Gleichung (7) bestimmt, die aus der Gleichung (6) abgeleitet ist.

$$\delta = \beta_{fr} + L \cdot Y/V \quad (6)$$

$$VC = G1 \cdot \beta_{fr} + G2 \cdot Y \quad (7)$$

wobei G1, G2 Koeffizienten sind.

Wie in Gleichung (7) gezeigt, setzt der Korrekturabschnitt 22 den Korrekturbetrag VC auf der Basis der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  und der Gierrate Y (insbesondere durch eine Funktion mit der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  und der Gierrate Y als Parameter). Schließlich speichert der Korrekturabschnitt 22 einen Fahrgeschwindigkeitskoeffizienten Kr, einen Winkeldifferenz-Änderungskoeffizienten Kv sowie einen Gierratenkoeffizienten G2 in dem ROM. Der Korrekturabschnitt 22 setzt dann den Korrekturbetrag VC, indem er den auf der Basis der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  und dem Drehwinkel  $\delta$  erzeugten Korrekturbetrag mit dem Fahrgeschwindigkeitskoeffizienten Kr und dem Winkeldifferenz-Änderungskoeffizienten Kv multipliziert, und indem er die Gierrate Y mit dem Gierratenkoeffizienten G2 multipliziert. Ferner gibt der Korrekturabschnitt 22 das Solldrehmomentsignal IMH, das durch Korrektur des Solldrehmomentsignals IMO durch den Korrekturbetrag VC erhalten ist, an den Differenzberechnungsabschnitt 23 aus. Der Fahrgeschwindigkeitskoeffizient Kr wird vorab entsprechend der Fahrgeschwindigkeit V auf der Basis experimenteller Werte oder konstruktiver Werte festgelegt und hat, wie in Fig. 12 gezeigt, eine korrespondierende Beziehung zum Fahrgeschwindigkeitssignal V. Der Winkeldifferenz-Änderungskoeffizient Kv wird vorab entsprechend einem Änderungsbetrag der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  auf der Basis experimenteller Werte oder konstruktiver Werte festgelegt und hat, wie in Fig. 13 gezeigt, eine korrespondierende Beziehung zu dem Winkeldifferenz-Änderungsbetrag DV. Ähnlich wird der Gierratenkoeffizient G2 vorab entsprechend der Gierrate Y auf der Basis experimenteller Werte oder konstruktiver Werte festgelegt.

Der Differenzberechnungsabschnitt 23 ist mit einem Subtraktor oder einer Subtraktionsfunktion versehen. Der Differenzberechnungsabschnitt 23 berechnet eine Differenz  $\Delta I (= IMH - IMF)$  zwischen dem Solldrehmomentsignal IMH von dem Korrekturabschnitt 22 und dem Motordrehmomentsignal IMF von dem Motorstromdetektor 15 und gibt das Differenzsignal  $\Delta I$  an den Antriebssteuerabschnitt 24 aus.

Der Antriebssteuerabschnitt 24 enthält einen PID-(Proportional-plus-Integral-plus-Differential)-Regler, einen Motorsteuersignal-Erzeugungsabschnitt und dergleichen. Der Antriebssteuerabschnitt 24 unterzieht das Differenzsignal  $\Delta I$  von dem Differenzberechnungsabschnitt 23 einer proportionalen (P), integralen (I) und differenziellen (D) Steuerung. Ferner erzeugt der Antriebssteuerabschnitt 24 ein PMW-Motorsteuersignal VO entsprechend der Rechts- oder Linksdrehung des Lenkrads 2 auf der Basis eines Mischsignals, das mit den der PID-Regelung unterzogenen Signalen vermischt ist, und gibt das Motorsteuersignal VO an den Motortreiber 14 aus.

Wie oben erwähnt, umfasst die Steuereinheit 13 den

Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt 21 zum Vorhersagen der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  zwischen dem Vorderradschräglaufwinkel  $\beta_f$  und dem Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$ , sowie den Korrekturabschnitt 22 zum Korrigieren des Solldrehmomentsignals IMO auf der Basis des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt 21 sowie dem Drehwinkelsignal  $\delta$  von dem Drehwinkelsensor 10. Daher kann die Steuereinheit 13 das Fahrverhalten aus dem Winkeldifferenzsignal  $\beta_{fr}$  vorhersagen und kann auch die Eingabe des Fahrers an das Fahrzeug von dem Drehwinkelsignal  $\delta$  vorhersagen, was eine akkurate Erfassung des Fahrzustands ermöglicht. Die Steuereinheit 13 kann den Betrieb des Elektromotors 8 derart steuern/regeln, dass er in jedem Fahrzustand entsprechendes Hilfsdrehmoment erzeugt, um hierdurch den Fahrer über eine Änderung des Fahrverhaltens als Änderung der Straßenreaktionskraft zu informieren.

Der Betrieb des Korrekturabschnitts 22 wird nachfolgend anhand eines Flussdiagramms beschrieben. In dieser bevorzugten Ausführung werden zwei Ausführungsbeispiele für den Betrieb des Korrekturabschnitts 22 beschrieben.

Anhand des in Fig. 5 gezeigten Flussdiagramms wird der erste Betriebsmodus des Korrekturabschnitts 22 beschrieben.

Der Korrekturabschnitt 22 vergleicht eine Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt 21 mit einer Richtung N des Gierratensignals Y von dem Gierratensensor 9 (S1a). Wenn beispielsweise die Gierrate Y in Uhrzeigerichtung ist (Drehrichtung nach rechts) und der Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  in Gegenuhrzeigerichtung größer ist als der Vorderradschräglaufwinkel  $\beta_f$  in Gegenuhrzeigerichtung (d. h. das Fahrverhalten ist der Übersteuerzustand), dann ist die Richtung N des Gierratensignals Y positiv (plus) und die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  ist negativ (minus). Wenn die Gierrate Y in der Uhrzeigerichtung ist (Drehrichtung nach rechts) und der Vorderradschräglaufwinkel  $\beta_f$  in der Gegenuhrzeigerichtung größer ist als der Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  in der Gegenuhrzeigerichtung (d. h. das Fahrverhalten der Untersteuerzustand ist), ist die Richtung N des Gierratensignals Y positiv (plus) und die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  ist positiv (plus).

Wenn die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  und die Richtung N des Gierratensignals Y nicht miteinander übereinstimmen, bestimmt der Korrekturabschnitt 22, dass der Fahrzustand der Übersteuerzustand (oder Schleuderzustand) ist, d. h. der Fahrzustand entweder im Übersteuerbereich OA1, OA2 liegt oder im Schleuderzustand SA1, SA2, wie im Fahrdiagramm von Fig. 4 gezeigt, und der Betrieb geht zu Schritt S1 v weiter.

In Schritt S1 v wählt der Korrekturabschnitt 22 einen Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$  (S1v) von den Kenndaten von Drehwinkelsignal  $\delta$ /Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$  (Fig. 7) auf der Basis des Drehwinkelsignals  $\delta$  von dem Drehwinkelsensor 10, und der Betrieb geht zu Schritt S1 d weiter.

Wenn hingegen die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  und die Richtung N des Gierratensignals Y miteinander übereinstimmen, wählt, ähnlich wie in Schritt S1 v, der Korrekturabschnitt 22 einen Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$  (S1b) von den Kenndaten von Drehwinkelsignal  $\delta$ /Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$  (Fig. 7) auf der Basis des Drehwinkelsignals  $\delta$  von dem Drehwinkelsensor 10. Hierbei ist das Fahrverhalten entweder in dem Untersteuerbereich UA1, UA2, dem Abdriftbereich DA1, DA2 oder dem Übersteuer-Übergangsbereich TA1, TA2, wie im Fahrdiagramm von Fig. 4 gezeigt. Der Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$  dient zur Bestimmung, ob das Fahrverhalten in

dem Übersteuer-Übergangsbereich TA1, TA2 von Fig. 4 ist. Schließlich sind die Charakteristiken Lenkwinkelsignal  $\delta$ /Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$ , wie in Fig. 7 gezeigt, entsprechend den Grenzlinien D, E des Fahrdiagramms von Fig. 4 gesetzt. Anders gesagt, der Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$  nimmt von  $\delta_1$  proportional zum Drehwinkelsignal  $\delta$  zu.

Dann vergleicht der Korrekturabschnitt 22 den Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  mit dem Absolutwert des Winkeldifferenzschwellenwerts  $|\beta_{fr1}|$  (S1c). Wenn der Absolutwert des Winkeldifferenzschwellenwerts  $|\beta_{fr1}|$  gleich oder größer als der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  ist, bestimmt der Korrekturabschnitt 22, dass der Fahrzustand in dem Übersteuer-Übergangsbereich ist, d. h. den Übersteuer-Übergangsbereich TA1, TA2 in dem Fahrdiagramm von Fig. 4, und der Betrieb geht zu Schritt S1 d weiter. Dieser dient zum raschen Korrigieren des Solldrehmomentsignals IMO durch den Übersteuer-Korrekturbetrag DO, um den Übersteuerzustand mit jeglicher Rate zu verhindern, weil das Fahrverhalten gerade dabei ist, von dem Untersteuerzustand zu dem Übersteuerzustand zu wechseln. Weil jedoch das Fahrverhalten tatsächlich noch nicht in den Übersteuerzustand fällt, soll die Ausführung der Korrektur durch den Übersteuer-Korrekturbetrag DO erschwert werden. Aus diesem Grund berechnet der Korrekturabschnitt 22 den Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  aus dem Winkeldifferenzsignal  $\beta_{fr}$  und dem Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$  durch die Gleichung  $|\beta_{fr}| = \beta_{fr} - \beta_{fr1}$  (S1d). Weil der Übersteuer-Korrekturbetrag DO gewählt ist, wobei der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}| = |\beta_{fr} - \beta_{fr1}|$  ist, kann der Übersteuer-Korrekturbetrag DO durch strikte Bewertung der Grenzlinien D, E des Übersteuer-Übergangsbereichs TA1, TA2 und des Untersteuerbereichs UA1, UA2 auf der Basis des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  und des Drehwinkelsignals  $\delta$  bestimmt werden. Je größer nämlich der Absolutwert des Drehwinkels  $|\delta|$ , desto weiter erstrecken sich die Übersteuer-Übergangsbereiche TA1, TA2 in einen Bereich hin, wo der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  größer ist, und die Korrektur durch den Übersteuer-Korrekturbetrag DO erfolgen kann.

Der Grund für die Durchführung von Schritt S1 d ist es, bei Eintritt in den Übersteuerbereich OA1, OA2 durch den Übersteuer-Übergangsbereich TA1, TA2 den Übersteuer-Korrekturbetrag DO größer zu machen. Weil das Vorzeichen des Winkeldifferenzschwellenwerts  $\beta_{fr1}$  von jenem des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  unterschiedlich ist, wird der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}| = |\beta_{fr} - \beta_{fr1}|$  größer als der ursprüngliche  $|\beta_{fr}|$ -Wert. Wie aus Fig. 9 ersichtlich, kann der Übersteuer-Korrekturbetrag DO größer gemacht werden.

Ferner ist der Grund zur Durchführung der Schritte S1 v, S1 d unabhängig davon, ob das Bewertungsergebnis in Schritt S1 a NEIN ist, der den Übersteuer-Korrekturbetrag DO im Falle des Eintritts in den Übersteuerbereich OA1, OA2 durch den Übersteuer-Übergangsbereich TA1, TA2 kontinuierlich zu ändern. Als Steuerfluss, wenn in dem Übersteuer-Übergangsbereich TA1, TA2 der Betrieb in der Reihenfolge von Schritt S1 a, Schritt S1 b, Schritt S1 c, Schritt S1 d und Schritt S1 g weitergeht und beim Eintritt in den Übersteuerbereich OA1, OA2 geht der Betrieb in der Reihenfolge von Schritt S1 a, Schritt S1 v, Schritt S1 d und Schritt S1 g weiter. Daher wird der Schritt S1 d sowohl im Übersteuer-Übergangsbereich TA1, TA2 als auch im Übersteuerbereich OA1, OA2 so ausgeführt, dass der Übersteuer-Korrekturbetrag DO kontinuierlich geändert wird. Wie aus Fig. 7 ersichtlich, kommt es dann, wenn man direkt von dem Untersteuerbereich UA1, UA2 in den Übersteuerbereich OA1, OA2 eintritt, zu keinem Problem, weil der Winkeldif-



ferenzschwellenwert  $\beta_{fr1} = 0$  ist.

Wenn hingegen der Absolutwert des Winkeldifferenzschwellenwerts  $|\beta_{fr1}|$  kleiner als der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  ist, wählt der Korrekturabschnitt 22 einen Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr2}$  (S1e) aus den 5 Kenndaten Drehwinkelsignal  $\delta$ /Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr2}$  (Fig. 8) auf der Basis des Drehwinkelsignals  $\delta$ , um zu bestimmen, ob das Fahrverhalten entweder in dem Übersteuerbereich UA1, UA2 ist oder in dem Abdriftbereich DA1, DA2 im Fahrdiagramm von Fig. 4. Der Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr2}$  dient zur Bestimmung, ob das Fahrverhalten in dem Abdriftbereich DA1, DA2 von Fig. 4 liegt oder nicht. Aus diesem Grund werden die Charakteristika Drehwinkelsignal  $\delta$ /Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr2}$ , wie in Fig. 8 gezeigt, entsprechend den Grenzlinien B, C in dem Fahrdiagramm von Fig. 4 gesetzt. Der Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr2}$  nimmt von dem Punkt aus, an dem der Drehwinkel  $\delta$  gleich  $\delta_2$  ist, proportional zur Zunahme des Drehwinkelsignals  $\delta$  zu.

Dann berechnet der Korrekturabschnitt 22 den Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  aus dem Winkeldifferenzsignal  $\beta_{fr}$  und dem Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr2}$  durch die Gleichung  $|\beta_{fr}| = |\beta_{fr} - \beta_{fr2}|$  (S1f). Diese Straßenreaktionskraft braucht nicht korrigiert werden, denn wenn  $|\beta_{fr} - \beta_{fr2}|$  gleich oder kleiner als  $|\beta_{l1}|$  ist (d. h. der Fahrzustand ist im Untersteuerbereich UA1, UA2 von Fig. 4), der Fahrzustand in dem schwachen Untersteuerzustand ist. Wenn, wie in Fig. 10 gezeigt,  $|\beta_{fr} - \beta_{fr2}|$  gleich oder kleiner als  $|\beta_{l1}|$  ist, wird der dem Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}| = |\beta_{fr} - \beta_{fr2}|$  entsprechende Untersteuer-Korrekturbetrag DU gleich 0. Wenn der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  kleiner als  $|\beta_{l1}|$  ist (Fig. 4 und 10), ist wegen einer Totbereichszone des Untersteuerbetrags DU in Bezug auf das Winkeldifferenzsignal  $\beta_{fr}$  eine Korrektur nicht erforderlich (das Fahrverhalten ist wegen des schwachen Untersteuerzustands stabil). Weil die Totbereichszone auf größer gesetzt wird, wenn man von dem Totzonenbereich in einen Bereich eintritt, wo eine Korrektur erforderlich ist ( $|\beta_{fr}| > |\beta_{l1}|$ ), wird der Untersteuer-Korrekturbetrag DU so gesetzt, dass er abrupt zunimmt (Fig. 10). Wenn hingegen  $|\beta_{fr} - \beta_{fr2}|$  größer als  $|\beta_{l1}|$  ist (d. h. der Fahrzustand im Abdriftbereich DA1, DA2 von Fig. 4 ist), ist eine Korrektur erforderlich, weil der Fahrzustand in dem Abdriftzustand ist. Weil der Untersteuer-Korrekturbetrag DU gewählt ist, wobei der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}| = |\beta_{fr} - \beta_{fr2}|$ , kann der Untersteuer-Korrekturbetrag DU bestimmt werden, indem die Grenzlinien B, C des Abdriftbereichs DA1, DA2 und des Untersteuerbereichs UA1, UA2 auf der Basis des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  und des Drehwinkelsignals  $\delta$  streng bewertet werden. Je kleiner nämlich der Absolutwert des Drehwinkels  $|\delta|$  ist, desto weiter erstrecken sich die Abdriftbereiche DA1, DA2 in einen Bereich, in dem der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  kleiner ist. Der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}| = |\beta_{fr} - \beta_{fr2}|$  wird kleiner, weil das Vorzeichen des Winkeldifferenzschwellenwerts  $\beta_{fr2}$  mit jenem des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  übereinstimmt. Weil der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}| = |\beta_{fr} - \beta_{fr2}|$  in einem kleineren Bereich, wo der Absolutwert des Drehwinkels  $|\delta|$  kleiner ist, größer wird, besteht die Tendenz, eine Korrektur in dem Abdriftzustand auszuführen, und hierdurch wird der Untersteuer-Korrekturbetrag DU größer.

Nach Bewertung jedes Fahrzustands wählt dann der Korrekturabschnitt 22 einen Korrekturbetrag entsprechend jedem Fahrzustand. Wenn der Übersteuerzustand in Schritt S1a bestimmt wird oder der Übersteuer-Übergangszustand in Schritt S1c bestimmt wird, wählt der Korrekturabschnitt 22 einen Übersteuer-Korrekturbetrag DO (S1g) aus den

Charakteristika Absolutwert eines Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$ /Übersteuer-Korrekturbetrag DO, wie in Fig. 9 gezeigt, auf der Basis des Absolutwerts des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$ . Weil der Übersteuerzustand ein instabiles Fahrverhalten ist, erfolgt eine Steuerung, um nicht in den Übersteuerzustand einzutreten. Aus diesem Grund wird, im Vergleich zu der Totbereichszone des Untersteuer-Korrekturbetrags DU (einem Bereich, wo der Untersteuer-Korrekturbetrag DU = 0 ist) in Bezug auf das Winkeldifferenzsignal  $\beta_{fr}$ , die Totbereichszone des Übersteuer-Korrekturbetrags DO (einem Bereich, wo der Übersteuer-Korrekturbetrag DU = 0 ist) in Bezug auf das Winkeldifferenzsignal  $\beta_{fr}$  auf einen extrem schmalen Bereich gesetzt (Fig. 9 und 10).

Ferner, wenn der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  in Schritt S1f gesetzt wird, wählt der Korrekturabschnitt 22 einen Untersteuer-Korrekturbetrag DU (S1h) aus den Charakteristika Absolutwert eines Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$ /Untersteuer-Korrekturbetrag DU, wie in Fig. 10 gezeigt, auf der Basis des Absolutwerts eines Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$ . Wenn  $|\beta_{fr} - \beta_{fr2}|$  gleich oder kleiner als  $|\beta_{fr}|$  ist, ist der Untersteuer-Korrekturbetrag DU gleich 0, und wenn  $|\beta_{fr} - \beta_{fr2}|$  größer als  $|\beta_{l1}|$  ist (Abdriftzustand), wird der Untersteuer-Korrekturbetrag DU entsprechend dem Winkeldifferenzsignal  $|\beta_{fr}|$  gesetzt.

Nachdem der Übersteuer-Korrekturbetrag DO oder der Untersteuer-Korrekturbetrag DU gewählt worden ist, werden eine Änderung der Fahrgeschwindigkeit V und eine Änderung der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  für den gewählten Korrekturbetrag berücksichtigt. Der Korrekturabschnitt 22 multipliziert dann den Übersteuer-Korrekturbetrag DO mit einem Fahrgeschwindigkeitskoeffizienten Kr und einem Winkeldifferenz-Änderungskoeffizienten Kv und erzeugt hierdurch ein Übersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDO (S1i). Andernfalls multipliziert der Korrekturabschnitt 22 den Untersteuer-Korrekturbetrag DU mit dem Fahrgeschwindigkeitskoeffizienten Kr und dem Winkeldifferenz-Änderungskoeffizienten Kv und erzeugt hierdurch ein Untersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDU (S1j). Weil, wie oben erwähnt, der Korrekturbetrag mit dem Fahrgeschwindigkeitskoeffizienten Kr multipliziert wird, kann eine Änderung des Fahrverhaltens aufgrund einer Änderung der Fahrgeschwindigkeit V für den Korrekturbetrag stark berücksichtigt werden. Weil ferner der Korrekturbetrag mit dem Winkeldifferenz-Änderungskoeffizienten Kv multipliziert wird, kann eine Änderung des Fahrverhaltens aufgrund einer Änderung der Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  für den Korrekturbetrag stark berücksichtigt werden. Im Ergebnis kann eine abrupte Änderung der Straßenreaktionskraft über das Lenkrad 2 dem Fahrer mitgeteilt werden.

Der Korrekturabschnitt 22 wählt einen Fahrgeschwindigkeitskoeffizienten Kr aus den Kenndaten Fahrgeschwindigkeitssignal V/Fahrgeschwindigkeitskoeffizient Kr, wie in Fig. 12 gezeigt, auf der Basis des Fahrgeschwindigkeitssignals V. Der Korrekturabschnitt 22 wählt auch einen Winkeldifferenz-Änderungskoeffizienten Kv aus den Kenndaten eines Winkeldifferenz-Änderungsbetrags Dv/Winkeldifferenz-Änderungskoeffizient Kv, wie in Fig. 13 gezeigt, auf der Basis des Winkeldifferenz-Änderungsbetrags Dv. Der Winkeldifferenz-Änderungsbetrag Dv wird durch Differenzieren des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  nach der Zeit berechnet. Daher hat der Korrekturabschnitt 22 eine Differential-Berechnungsfunktion und dergleichen und erzeugt einen Winkeldifferenz-Änderungsbetrag Dv ( $= d\beta_{fr}/dt$ ) durch zeitliche Differenzierung des von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt 21 gelieferten Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$ .

Ferner multipliziert der Korrekturabschnitt 22 das Gierratensignal Y von dem Gierratensensor 9 mit einem Gierratens-

koeffizienten G2 und erzeugt hierdurch ein Gierratenkorrekturbetrag-Signal IY (S1k, S1l). Weil, wie oben erwähnt, das Gierratenkorrekturbetrag-Signal IY als Korrekturbetrag in Bezug auf das Solldrehmomentsignal IMO berücksichtigt wird, wird das Fahrverhalten stabiler.

Wenn schließlich das Übersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDO und das Gierraten-Korrekturbetrag-Signal IY gesetzt sind, korrigiert der Korrekturabschnitt 22 das Solldrehmomentsignal IMO mit dem Übersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDO und dem Gierraten-Korrekturbetrag-Signal IY in einer Richtung, in der der Drehwinkel  $\delta$  abnimmt, und gibt das Solldrehmomentsignal IMH an den Differenzberechnungsabschnitt 23 (S1m) aus. Wenn das Untersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDU und das Gierraten-Korrekturbetrag-Signal IY gesetzt sind, korrigiert der Korrekturabschnitt 22 das Solldrehmomentsignal IMO mit dem Untersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDU und dem Gierraten-Korrekturbetrag-Signal IY in eine Richtung, in der der Drehwinkel  $\delta$  abnimmt, und gibt das Solldrehmomentsignal IMH an den Differenzberechnungsabschnitt 23 aus (S1n).

Hier bedeutet der Begriff "die Richtung, in die der Drehwinkel  $\delta$  (Lenkwinkel) abnimmt", dass ein Hilfsdrehmoment zum Erzwingen einer Lenkbetätigung in einer Richtung erzeugt wird, in der der Drehwinkel  $\delta$  abnimmt, und die Winkeldifferenz  $\beta_{fr}$  und die Gierrate Y werden in die Richtung null verkleinert, um hierdurch das Fahrverhalten zu stabilisieren. Nachfolgend wird ein Beispiel für eine Korrektur in einer Richtung gezeigt, in der der Drehwinkel  $\delta$  abnimmt. Wenn beispielsweise der Fahrer das Lenkrad 2 in der Uhrzeigerrichtung dreht (Rechtsdrehung), weist der Drehwinkel  $\delta$  ebenfalls in die Uhrzeigerrichtung (positiv), und ein Hilfsdrehmoment wird in der Uhrzeigerrichtung erzeugt (positiv). Um daher den Drehwinkel  $\delta$  zu verkleinern, muss das Unterstützungsdrehmoment in Uhrzeigerrichtung gesenkt werden, um den Fahrer zu zwingen, eine Lenkbetätigung in Gegenuhrzeigerrichtung durchzuführen. Aus diesem Grund muss das Solldrehmomentsignal IMH gesenkt werden, und daher wird folgende Gleichung angewendet, d. h. Solldrehmomentsignal IMH = Solldrehmomentsignal IMO - ((Übersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDO oder Untersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDU) + Gierraten-Korrekturbetrag-Signal IY). Wenn jedoch der Fahrer das Lenkrad 2 von der Uhrzeigerrichtung (Rechtsdrehung) in die Gegenuhrzeigerrichtung (Links-drehung) dreht, könnte in der Gegenuhrzeigerrichtung (negativ) ein Hilfsdrehmoment erzeugt werden, während der Drehwinkel  $\beta$  in der Uhrzeigerrichtung (positiv) verbleibt. Um den Drehwinkel  $\delta$  zu verkleinern, muss das Hilfsdrehmoment in der Gegenuhrzeigerrichtung erhöht werden, um den Fahrer zu zwingen, eine Lenkbetätigung in der Gegenuhrzeigerrichtung durchzuführen. Daher muss das Solldrehmomentsignal IMH erhöht werden, und daher wird die folgende Gleichung angewendet, d. h. Solldrehmomentsignal IMH = Solldrehmomentsignal IMO + ((Übersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDO oder Untersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDU) + Gierraten-Korrekturbetrag-Signal IY).

Weil bei der mit diesem Korrekturabschnitt 22 versehenen elektrischen Servolenkvorrichtung 1 das Fahrverhalten auf der Basis des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  und des Drehwinkelsignals  $\delta$  bestimmt werden kann, kann eine akkurate Bewertung im Hinblick auf den Übersteuerzustand und den Abdriftzustand erfolgen. Daher kann die elektrische Servolenkvorrichtung 1 den Fahrer über die Straßenreaktionskraft entsprechend jedem Fahrzustand akkurat informieren, um die optimale Lenkbetätigung in Bezug auf das Fahrverhalten zu erzwingen.

In Bezug auf das in Fig. 6 gezeigte Flussdiagramm wird nun ein zweiter Betriebsmodus des Korrekturabschnitts 22 beschrieben.

Weil dieser zweite Betriebsmodus ähnliche Operationen wie der erste Betriebsmodus umfasst, werden ähnliche Operationen mit dem gleichen Buchstaben bezeichnet, der nach jeder Schrittzahl in dem Flussdiagramm angeordnet ist, und eine detaillierte Beschreibung davon wird weggelassen.

Der Korrekturabschnitt 22 vergleicht eine Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt 21 mit einer Richtung N des Gierratensignals Y von dem Gierratensensor 9 (S2a). Wenn die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  und die Richtung N des Gierratensignals Y nicht miteinander übereinstimmen, bestimmt der Korrekturabschnitt 22, dass der Fahrzustand in dem Übersteuerzustand ist (oder dem Schleuderzustand), d. h. der Fahrzustand ist entweder in dem Übersteuerbereich OA1, OA2 oder in dem Schleuderbereich SA1, SA2, wie im Fahrdiagramm von Fig. 4 gezeigt, und der Betrieb geht zu Schritt S2v weiter.

In Schritt S2v wählt der Korrekturabschnitt 22 einen Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$  (S2v) aus den Kenndaten Drehwinkelsignal 6/Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$  (Fig. 7) auf der Basis des Drehwinkelsignals  $\delta$  von dem Drehwinkelsensor 10, und der Betrieb geht zu Schritt S2d weiter.

Wenn hingegen die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  und die Richtung N des Gierratensignals Y miteinander übereinstimmen, vergleicht der Korrekturabschnitt 22 die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt 21 mit einer Richtung S eines Lenkdrehmomentsignals T von dem Lenkdrehmomentsensor 12 (S2o). Wenn beispielsweise die Gierrate Y in der Gegenuhrzeigerrichtung ist (Drehung nach links), ist das Lenkdrehmoment T in der Uhrzeigerrichtung (Drehung nach rechts), und der Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  in der Gegenuhrzeigerrichtung ist größer als der Vorderadschräglaufwinkel  $\beta_f$  in der Gegenuhrzeigerrichtung (d. h. exzessiver Gegenlenkzustand), die Richtung N des Gierratensignals Y wird negativ (minus), die Richtung S des Lenkdrehmomentsignals T wird positiv (plus) und die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  wird negativ (minus). Wenn die Gierrate Y in der Gegenuhrzeigerrichtung ist (Drehung nach rechts), ist das Lenkdrehmoment T in der Uhrzeigerrichtung (Drehung nach rechts), und der Vorderadschräglaufwinkel  $\beta_f$  in der Gegenuhrzeigerrichtung ist größer als der Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  in der Gegenuhrzeigerrichtung (d. h. das Fahrverhalten ist im Untersteuerzustand), die Richtung N des Gierratensignals Y wird positiv (plus), die Richtung S des Lenkdrehmomentsignals Y wird positiv (plus) und die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  wird positiv (plus).

Wenn die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  und die Richtung S des Lenkdrehmomentsignals T nicht miteinander übereinstimmen, bestimmt der Korrekturabschnitt 22, dass der Fahrzustand in dem exzessiven Gegenlenkzustand ist, und der Betrieb geht zu Schritt S2p weiter.

Wenn hingegen die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  und die Richtung S des Lenkdrehmomentsignals T miteinander übereinstimmen, wählt der Korrekturabschnitt 22 einen Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$  (S2b) aus den Kenndaten Drehwinkelsignal  $\delta$ /Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$ , wie in Fig. 7 gezeigt, auf der Basis des Drehwinkelsignals  $\delta$  von dem Drehwinkelsensor 10.

Dann vergleicht der Korrekturabschnitt 22 den Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  mit dem Absolutwert des Winkeldifferenzschwellenwerts  $|\beta_{fr1}|$  (S2c). Wenn der Absolutwert des Winkeldifferenzschwellenwerts  $|\beta_{fr}|$  größer als der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr1}|$  ist, bestimmt der Korrekturabschnitt, dass der Fahrzustand in dem Übersteuer-Übergangszustand ist, d. h. in dem Über-

steuer-Übergangszustand TA1, TA2 im Fahrdiagramm von Fig. 4, und der Betrieb geht zu Schritt S2d weiter. In Schritt S2d berechnet der Korrekturabschnitt 22 den Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  von dem Winkeldifferenzsignal  $\beta_{fr}$  und dem Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr1}$  durch die Gleichung  $|\beta_{fr}| = |\beta_{fr} - \beta_{fr1}|$  (S2d).

Wenn hingegen der Absolutwert des Winkeldifferenzschwellenwerts  $|\beta_{fr1}|$  kleiner als der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  ist, wählt der Korrekturabschnitt 22 einen Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr2}$  (S2e) aus den Kenndaten Drehwinkelsignal  $\delta$ /Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr2}$  (Fig. 8) auf der Basis des Drehwinkelsignals  $\delta$ , um zu bestimmen, ob das Fahrverhalten entweder in dem Untersteuerbereich UA1, UA2 oder in dem Abdriftbereich DA1, DA2 im Fahrdiagramm von Fig. 4 liegt.

Der Korrekturabschnitt 22 berechnet dann den Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  von dem Winkeldifferenzsignal  $\beta_{fr}$  und dem Winkeldifferenzschwellenwert  $\beta_{fr2}$  durch die Gleichung  $|\beta_{fr}| = |\beta_{fr} - \beta_{fr2}|$  (S2f).

Nach Bewertung jedes Fahrzustands wählt dann der Korrekturabschnitt 22 einen Korrekturbetrag entsprechend jedem Fahrzustand. Wenn in Schritt S2a der Übersteuerzustand festgestellt wird oder in Schritt S2c der Übersteuer-Übergangszustand festgestellt wird, wählt der Korrekturabschnitt 22 einen Übersteuer-Korrekturbetrag DO (S2g) aus den Charakteristika des Absolutwerts Winkeldifferenzsignal  $|\beta_{fr}|$ /Übersteuer-Korrekturbetrag DO, wie in Fig. 9 gezeigt, auf der Basis des Absolutwerts des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$ .

Wenn in Schritt S2o der exzessive Gegenlenkzustand bestimmt wird, wählt der Korrekturabschnitt 22 einen Gegenlenk-Korrekturbetrag DC (S2p) aus den Charakteristika Absolutwert eines Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$ /Gegenlenk-Korrekturbetrag DC, wie in Fig. 11 gezeigt, auf der Basis des Absolutwerts des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$ . Wenn der Gegenlenkzustand übermäßig wird, neigt das Fahrzeug dazu, in seiner radialen Richtung von der geraden Linie abzuweichen. Daher wird das Solldrehmomentsignal IMO so korrigiert, dass der Fahrer über die Straßenreaktionskraft von dem zu starken Gegenlenken informiert wird.

Wenn ferner der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  in Schritt S2f gesetzt ist, wählt der Korrekturabschnitt 22 einen Untersteuer-Korrekturbetrag DU (S2h) von den Charakteristika Absolutwert eines Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$ /Untersteuer-Korrekturbetrag DU, wie in Fig. 10 gezeigt, auf der Basis des Absolutwerts des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$ .

Nachdem der Übersteuer-Korrekturbetrag DO oder der Gegenlenk-Korrekturbetrag DC gewählt worden ist, vergleicht der Korrekturabschnitt 22 eine Richtung D eines Winkeldifferenz-Änderungsbetrag-Signals Dv (=  $d\beta_{fr}/dt$ ) mit der Richtung S des Lenkdrehmomentsignals T (S2q). Die Richtung D des Winkeldifferenz-Änderungsbetrag-Signals Dv wird als positiv (plus) bestimmt, wenn das Winkeldifferenzsignal  $\beta_{fra}$  positiv (plus) ist und der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  zunimmt, wohingegen die Richtung D des Winkeldifferenz-Änderungsbetrag-Signals Dv als negativ (minus) bestimmt wird, wenn der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  abnimmt. Hingegen wird die Richtung D des Winkeldifferenz-Änderungsbetrag-Signals Dv als positiv (plus) bestimmt, wenn das Winkeldifferenzsignal  $\beta_{fr}$  negativ (minus) ist und der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  zunimmt, wohingegen die Richtung D des Winkeldifferenz-Änderungsbetrag-Signals Dv als negativ (minus) bestimmt wird, wenn der Absolutwert des Winkeldifferenzsignals  $|\beta_{fr}|$  abnimmt. Wenn beispielsweise das Lenkdrehmomentsignal T in der Uhrzeigerichtung geht (Drehung nach rechts) und der Hinterrad-

schräglaufwinkel  $\beta_r$  in der Gegenuhrzeigerichtung größer ist als der Vorderradschräglaufwinkel  $\beta_f$  in der Gegenuhrzeigerichtung, und ferner der Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  in der Gegenuhrzeigerichtung zunimmt, wird die Richtung S des Lenkdrehmomentsignals T positiv (plus), die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  wird negativ (minus) und die Richtung D des Winkeldifferenz-Änderungsbetrag-Signals Dv wird positiv (plus). Weil sich hierbei der Übersteuerzustand zur divergierenden Richtung hin verschiebt, ist ein noch wirksamerer Gegenlenkbetrieb erforderlich. Schließlich korrigiert der Korrekturabschnitt 22 das Solldrehmomentsignal IMO durch Addition eines Korrekturbetrags, um den Fahrer durch das Lenkrad 2 über eine kleine Straßenreaktionskraft zu informieren, um hierdurch eine Gegenlenkbetätigung zu erzwingen. Wenn hingegen das Lenkdrehmomentsignal T in der Uhrzeigerichtung geht (Drehung nach rechts) und der Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  in der Gegenuhrzeigerichtung größer als der Vorderradschräglaufwinkel  $\beta_f$  in der Gegenuhrzeigerichtung ist, und ferner der Hinterradschräglaufwinkel  $\beta_r$  in der Gegenuhrzeigerichtung abnimmt, wird die Richtung S des Lenkdrehmomentsignals T positiv (plus), die Richtung P des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  wird negativ (minus) und die Richtung D des Winkeldifferenz-Änderungsbetrag-Signals Dv wird negativ (minus). Weil sich hierbei der Übersteuerzustand zur konvergierenden Richtung hin verschiebt, ist keine stärkere Gegenlenkbetätigung erforderlich. Schließlich korrigiert der Korrekturabschnitt 22 das Solldrehmomentsignal IMO durch Subtraktion eines Korrekturbetrags, um den Fahrer durch das Lenkrad 2 über eine starke Straßenreaktionskraft zu informieren. Wenn daher die Richtung D des Winkeldifferenz-Änderungsbetrag-Signals Dv und die Richtung S des Lenkdrehmomentsignals T miteinander übereinstimmen, geht der Betrieb zu Schritt S2s weiter mit dem Zweck, das Solldrehmomentsignal IMO additionsmäßig zu korrigieren. Ferner, wenn die Richtung D des Winkeldifferenz-Änderungsbetrag-Signals Dv und die Richtung S des Lenkdrehmomentsignals T nicht miteinander übereinstimmen, geht der Betrieb zu Schritt S2s weiter mit dem Zweck, das Solldrehmomentsignal IMO subtraktionsmäßig zu korrigieren.

In Schritt S2r erzeugt der Korrekturabschnitt 22 ein Übersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDO oder ein Gegenlenk-Korrekturbetrag-Signal IDC (S2r) durch Multiplikation des Übersteuer-Korrekturbetrags DO oder des Gegenlenk-Korrekturbetrags DC mit dem Fahrgeschwindigkeitskoeffizienten  $K_r$  und dem Winkeldifferenz-Änderungskoeffizienten  $K_v$ . Wenn der Betrieb von Schritt S2g bis Schritt S2q weitergegangen ist, wird der Übersteuer-Korrekturbetrag DO gewählt, wenn hingegen der Betrieb von Schritt S2p zu Schritt S2q weitergegangen ist, wird der Gegenlenk-Korrekturbetrag DC gewählt.

In Schritt S2s erzeugt der Korrekturabschnitt 22 ein Übersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDO, ein Gegenlenk-Korrekturbetrag-Signal IDC oder ein Untersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDU (S2s), durch Multiplikation des Übersteuer-Korrekturbetrags DO, des Gegenlenk-Korrekturbetrags DC oder des Untersteuer-Korrekturbetrags DU mit dem Fahrgeschwindigkeitskoeffizienten  $K_r$  und dem Winkeldifferenz-Änderungskoeffizienten  $K_v$ . Wenn der Betrieb von Schritt S2g zu Schritt S2q weitergegangen ist, wird der Übersteuer-Korrekturbetrag DO gewählt, und wenn der Betrieb von Schritt S2p zu Schritt S2q weitergegangen ist, wird der Gegenlenk-Korrekturbetrag DC gewählt, und ferner, wenn der Betrieb von Schritt S2h zu Schritt S2s weitergegangen ist, wird der Untersteuer-Korrekturbetrag DU gewählt.

Ferner erzeugt der Korrekturabschnitt 22 ein Gierraten-Korrekturbetrag-Signal IY (S2k, S2l) durch Multiplikation

des Gierratensignals Y von dem Gierratensensor 9 mit dem Gierratenkoeffizienten G2.

Im Falle der additionsmäßigen Korrektur addiert schließlich der Korrekturabschnitt 22 das Übersteuer-Korrekturbetrag-signal IDO und das Gegenlenk-Korrekturbetrag-Signal IDC und das Gierraten-Korrekturbetrag-Signal IY zu dem Solldrehmomentsignal IMO und gibt das Solldrehmomentsignal IMH (= Solldrehmomentsignal IMO + ((Übersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDO oder Gegenlenk-Korrekturbetrag-Signal IDC) + Gierraten-Korrekturbetrag-Signal IY)) zu dem Differenzberechnungsabschnitt 23 (S2t) aus, um den Fahrer durch das Lenkrad 2 über eine geringe Straßenreaktionskraft zu informieren, um hierdurch eine weitere Gegenlenkbetätigung zu erzwingen.

Im Falle der subtraktionsmäßigen Korrektur subtrahiert der Korrekturabschnitt 22 das Übersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDO, das Gegenlenk-Korrekturbetrag-Signal IDC oder das Untersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDU, und das Gierraten-Korrekturbetrag-Signal IY von dem Solldrehmomentsignal IMO und gibt das Solldrehmomentsignal IMH (= Solldrehmomentsignal IMO - ((Übersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDO, Gegenlenk-Korrekturbetrag-Signal IDC oder Untersteuer-Korrekturbetrag-Signal IDU + Gierraten-Korrekturbetrag-Signal IY)) an den Differenzberechnungsabschnitt 23 (S2u) aus, um den Fahrer durch das Lenkrad über eine starke Straßenreaktionskraft zu informieren.

Weil bei der mit dem obigen Korrekturabschnitt 22 versehenen elektrischen Servolenkvorrichtung 1 das Fahrverhalten auf der Basis des Winkeldifferenzsignals  $\beta_{fr}$  und des Lenkdrehmomentsignals T bestimmt werden kann, kann ein exzessiver Gegenlenkzustand gewertet werden, und zwar anders als bei den Operationen der ersten Ausführungen. Weil ferner die elektrische Servolenkvorrichtung 1 den Fahrzustand auf der Basis des Winkeldifferenz-Änderungsbetrag-Signals Dv und des Lenkdrehmomentsignals T bestimmt, kann eine akurate Bewertung erfolgen, ob der Gegenlenk-Betätigungsbetrag groß oder klein ist. Daher kann die elektrische Servolenkvorrichtung 1 den Fahrer dazu zwingen, entsprechend den jeweiligen Fahrzuständen eine Lenkbetätigung durchzuführen.

Anstelle der obigen Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung, die hier bei einer elektrischen Servolenkvorrichtung angewendet wird und die dem Fahrer eine genaue Straßenreaktionskraft übermittelt, um in Bezug auf jedes Fahrverhalten eine optimale Lenkbetätigung zu erzwingen, kann die Fahrverhalten-Steuer/Regelvorrichtung auch bei einer Vierradlenkvorrichtung und dgl. angewendet werden, die direkt auf das Fahrzeug einwirkt und das Fahrverhalten stabilisiert.

Ferner ist hier die Positiv/Negativ-Richtung des Winkeldifferenzsignals entgegengesetzt zu jener des Drehwinkelsignals und dgl. gesetzt. Jedoch können diese Richtungen auch so gesetzt werden, dass das gleiche Positiv/Negativ-Verzeichen die gleiche Richtung derselben angibt.

Es wird eine Fahrdynamik-Regelvorrichtung offenbart. Diese Fahrdynamik-Regelvorrichtung umfasst: einen Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt zum Vorhersagen einer Differenz zwischen einem Schräglaufwinkel von Vorderrädern und einem Schräglaufwinkel von Hinterrädern; einen Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt zum Erfassen eines Lenkwinkels des Fahrzeugs; sowie einen Steuerabschnitt zum Steuern des Drehverhaltens des Fahrzeugs auf der Basis eines Winkeldifferenzsignals von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt und einem Lenkwinkelsignal von dem Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt.

fassend:

einen Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt (21) zum Vorhersagen einer Differenz zwischen einem Schräglaufwinkel ( $\beta_f$ ) von Vorderrädern (FW) und einem Schräglaufwinkel ( $\beta_r$ ) von Hinterrädern (RW); einen Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt (10) zum Erfassen eines Lenkwinkels ( $\delta$ ) des Fahrzeugs; und einen Steuer/Regelabschnitt (13) zum Steuern/Regeln des Drehverhaltens des Fahrzeugs auf der Basis eines Winkeldifferenzsignals ( $\beta_{fr}$ ) von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt (21) und einem Lenkwinkelsignal ( $\delta$ ) von dem Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt (10).

2. Fahrzeugverhalten-Steuer/Regelvorrichtung, umfassend:

einen Lenkdrehmomentsensor (12) zum Erfassen eines Lenkdrehmoments eines Lenksystems; einen Elektromotor (8) zum Anlegen eines Hilfsdrehmoments an das Lenksystem; eine Steuer/Regeleinheit (13) mit einem Solldrehmomentsignal-Setzabschnitt (20) zum Setzen eines Solldrehmomentsignals (IMO) auf der Basis eines Lenkdrehmomentsignals (T) von dem Lenkdrehmomentsensor (12); und einen Motortreiber (14) zum Betreiben des Elektromotors (8) auf der Basis des Solldrehmomentsignals (IMO),

wobei die Fahrzeugverhalten-Steuer/Regelvorrichtung ferner einen Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt (21) aufweist, um eine Differenz ( $\beta_{fr}$ ) zwischen einem Schräglaufwinkel ( $\beta_f$ ) von Vorderrädern (FW) und einem Schräglaufwinkel ( $\beta_r$ ) von Hinterrädern (RW) vorherzusagen, sowie einen Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt (10) zum Erfassen eines Lenkwinkels ( $\delta$ ) des Fahrzeugs, wobei die Steuer/Regeleinheit (13) einen Korrekturabschnitt (22) aufweist, um das Solldrehmomentsignal (IMO) auf der Basis eines Winkeldifferenzsignals ( $\beta_{fr}$ ) von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt (21) und eines Lenkwinkelsignals ( $\delta$ ) von dem Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt (10) zu korrigieren, um das Drehverhalten des Fahrzeugs zu steuern/regeln.

3. Fahrzeugverhalten-Steuer/Regelvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Korrekturabschnitt (22) einen Korrekturbetrag (VC) zur Korrektur des Solldrehmomentsignals (IMO) auf der Basis eines Winkeldifferenzsignals ( $\beta_{fr}$ ) von dem Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt (21) und eines Gierratensignals (Y), das an einem Gierraten-Erfassungsabschnitt (9) zu erfassen ist, setzt.

4. Fahrzeugverhalten-Steuer/Regelvorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schräglaufwinkeldifferenz-Vorhersageabschnitt (21) das Winkeldifferenzsignal ( $\beta_{fr}$ ) auf der Basis eines Lenkwinkelsignals ( $\delta$ ) von dem Lenkwinkel-Erfassungsabschnitt (10), eines Fahrgeschwindigkeitssignals (V), das an einem Fahrgeschwindigkeitssensor (11) zu erfassen ist, eines Gierratensignals (Y), das an einem Gierraten-Erfassungsabschnitt (9) zu erfassen ist, sowie Dimensionsparametern (L) des Fahrzeugs berechnet.

Hierzu 11 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

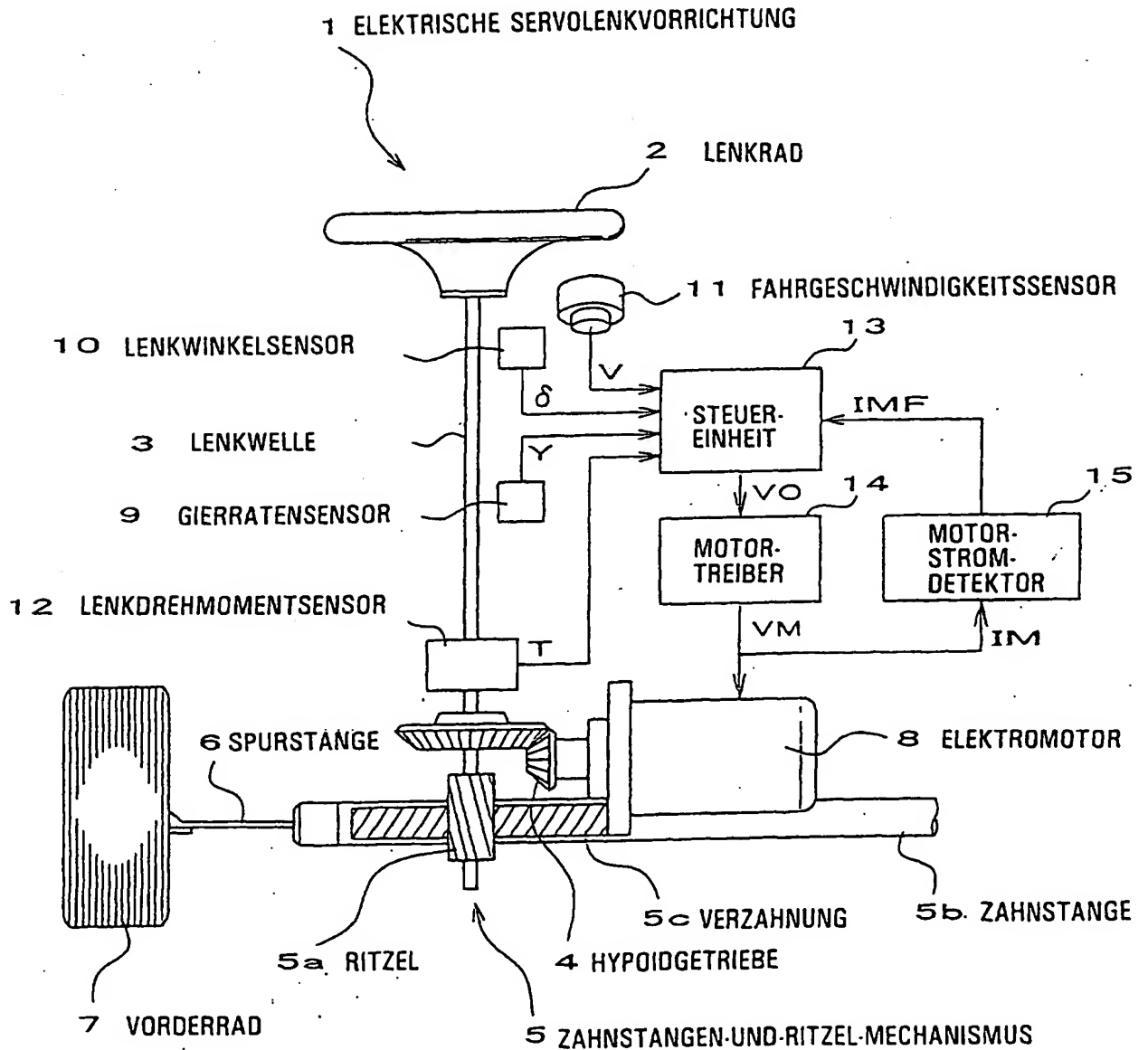




Fig. 2

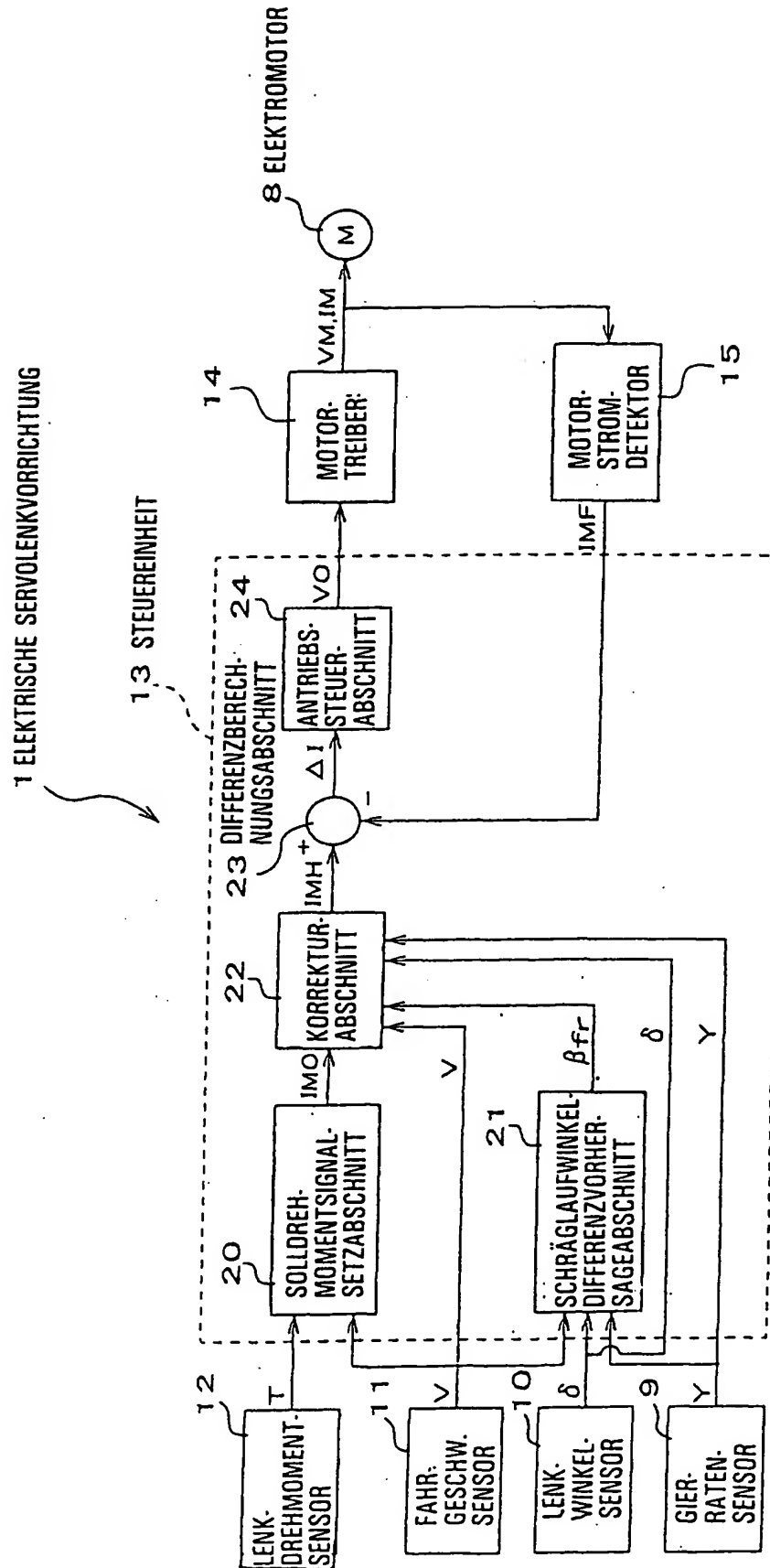
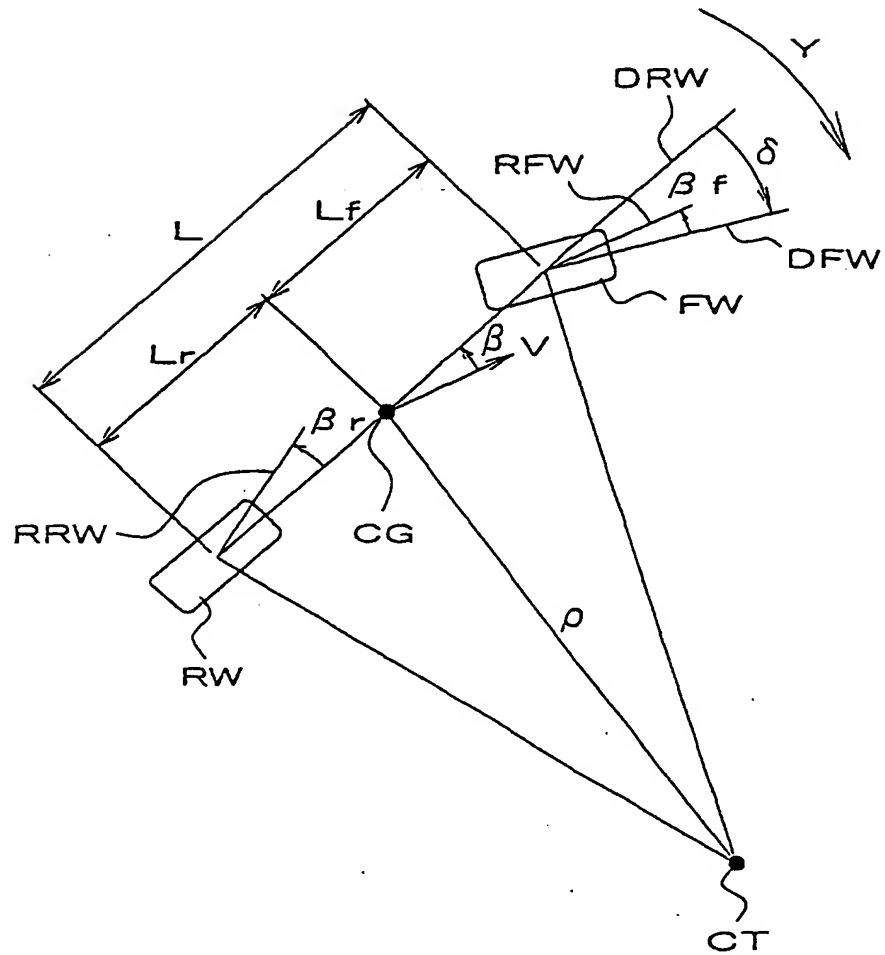


Fig. 3



$Y$	:	GIERRATE
$V$	:	FAHRGESCHWINDIGKEIT
$\delta$	:	DREHWINKEL VOM VORDERRAD
$\beta$	:	SCHRÄGLAUFWINKEL
$\beta_f$	:	VORDERRADSCHRÄGLAUFWINKEL
$\beta_r$	:	HINTERRADSCHRÄGLAUFWINKEL
$L_f$	:	ABSTAND ZWISCHEN VORDERACHSE UND SCHWERPUNKT
$L_r$	:	ABSTAND ZWISCHEN HINTERACHSE UND SCHWERPUNKT
$L$	:	RADSTAND
$\rho$	:	WENDERADIUS
CG	:	SCHWERPUNKT

Fig. 4

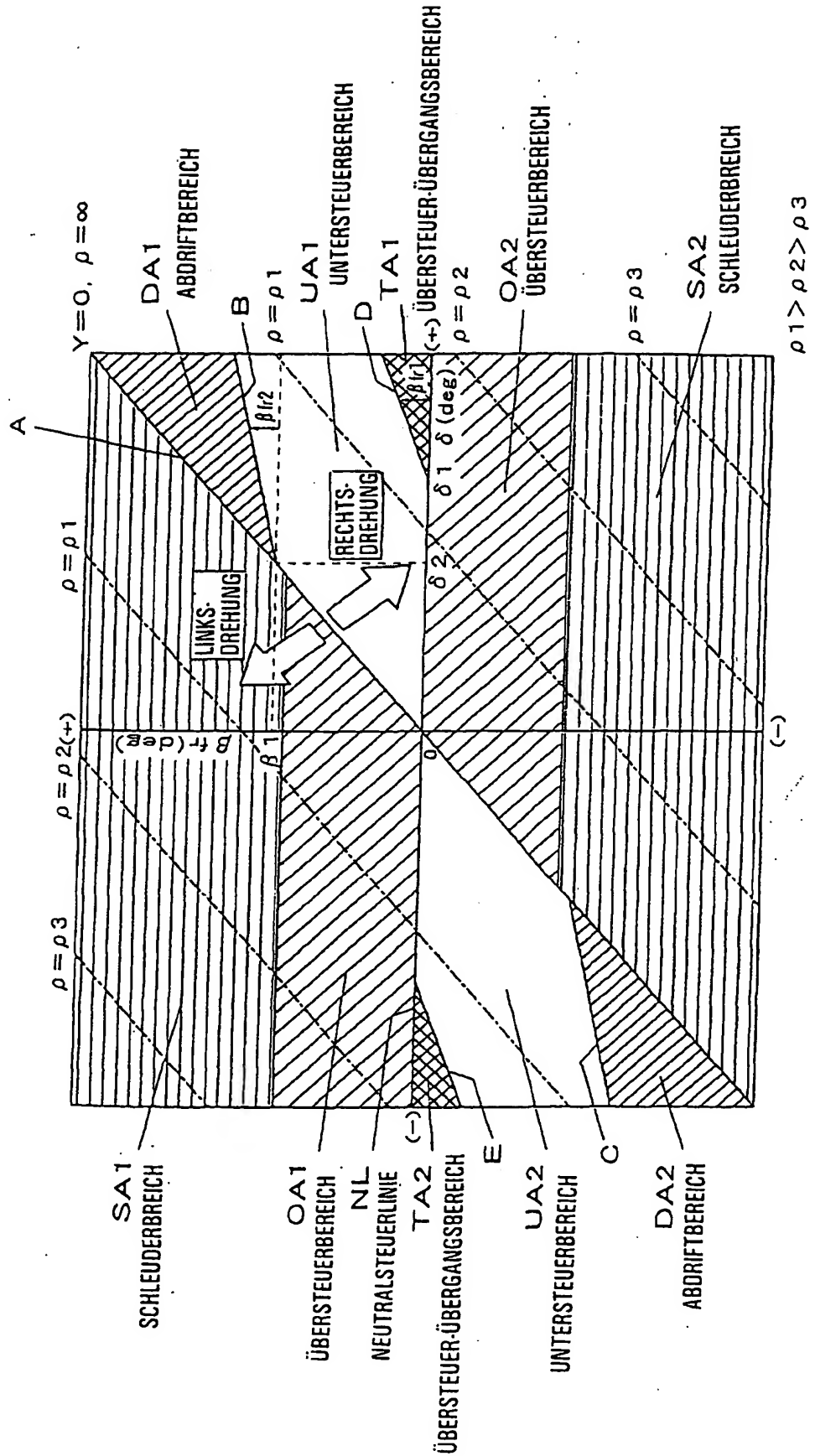
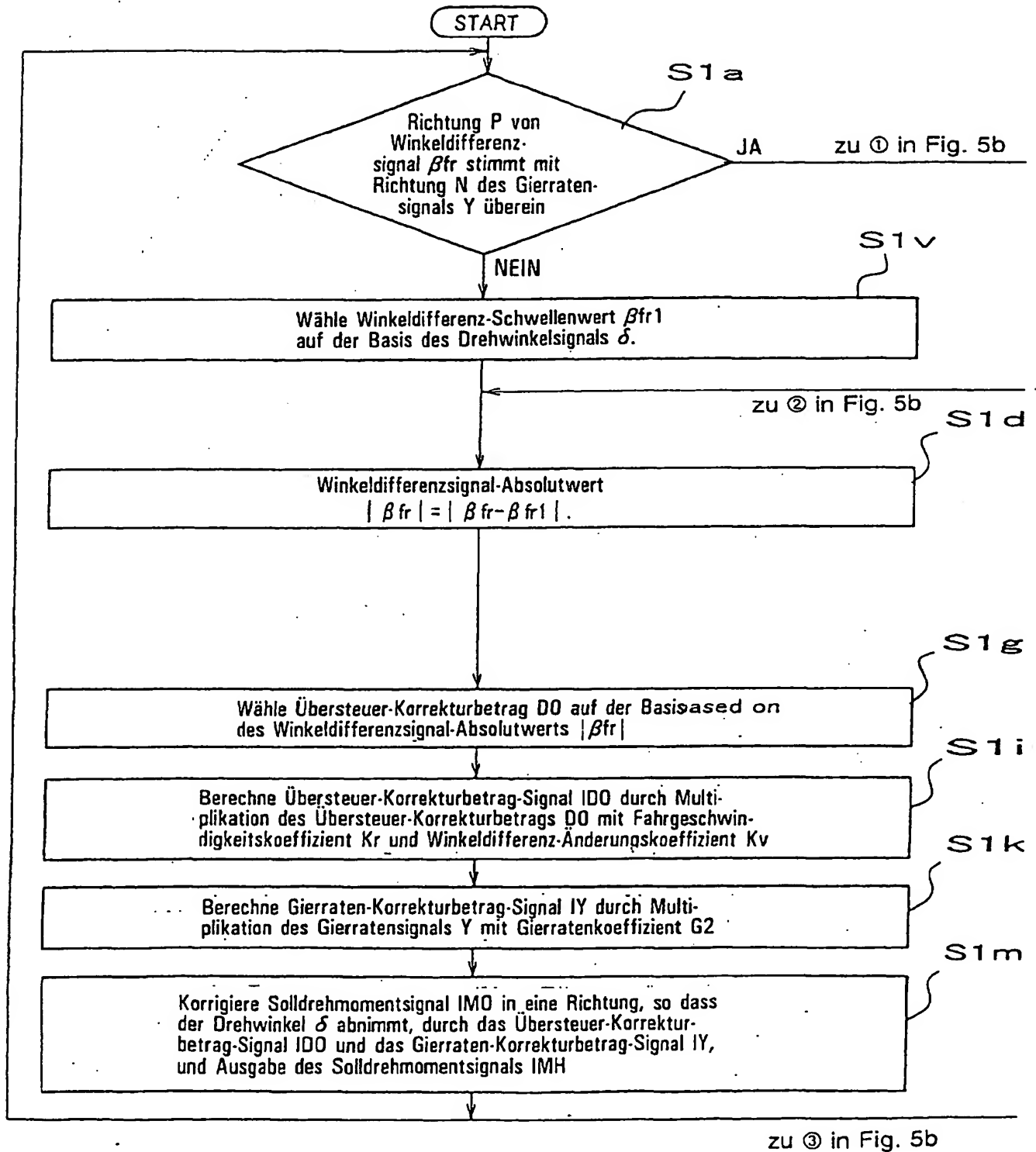


FIG. 5a



Die Figuren 5a und 5b bilden gemeinsam Figur 5

FIG. 5b

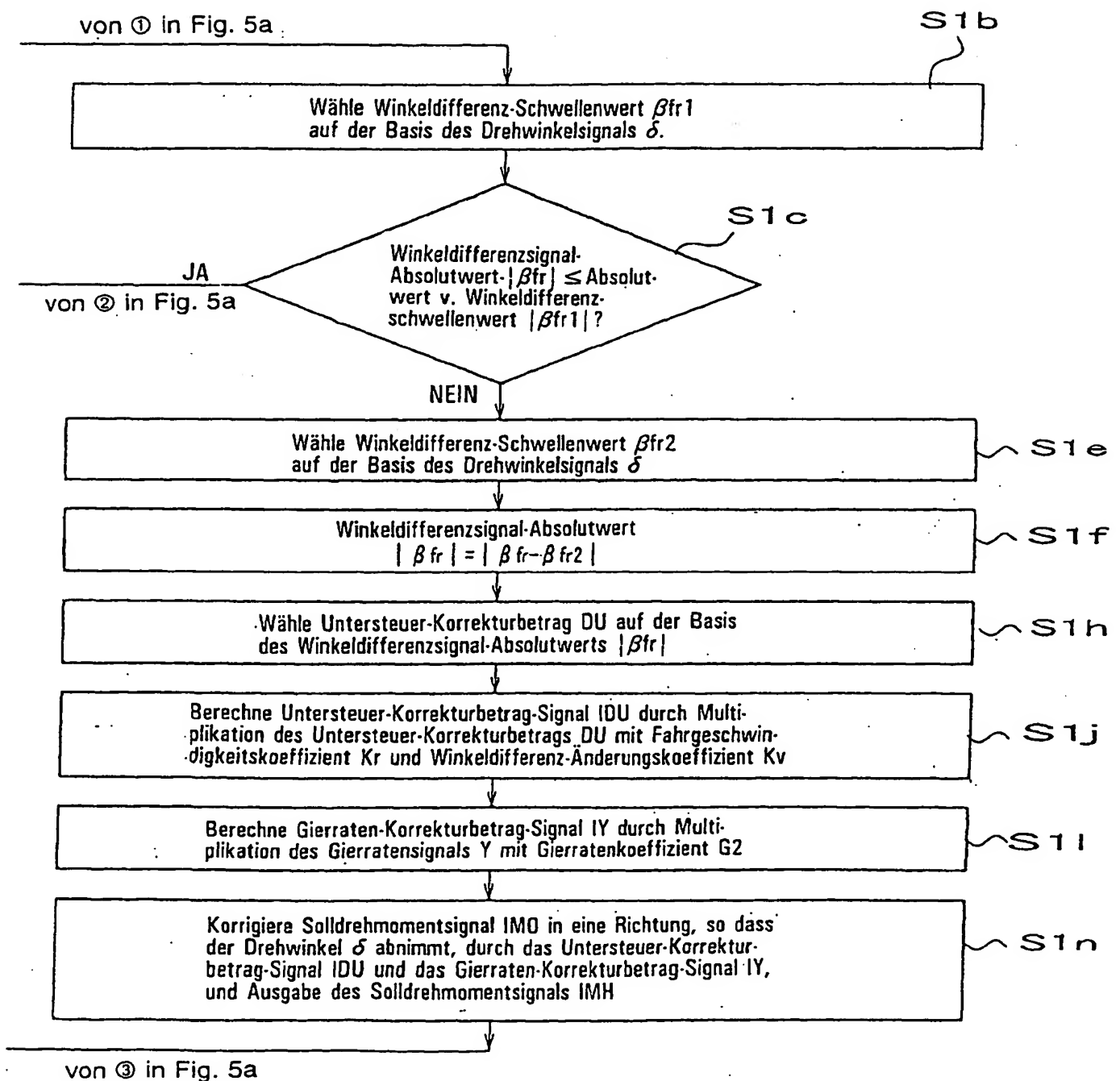
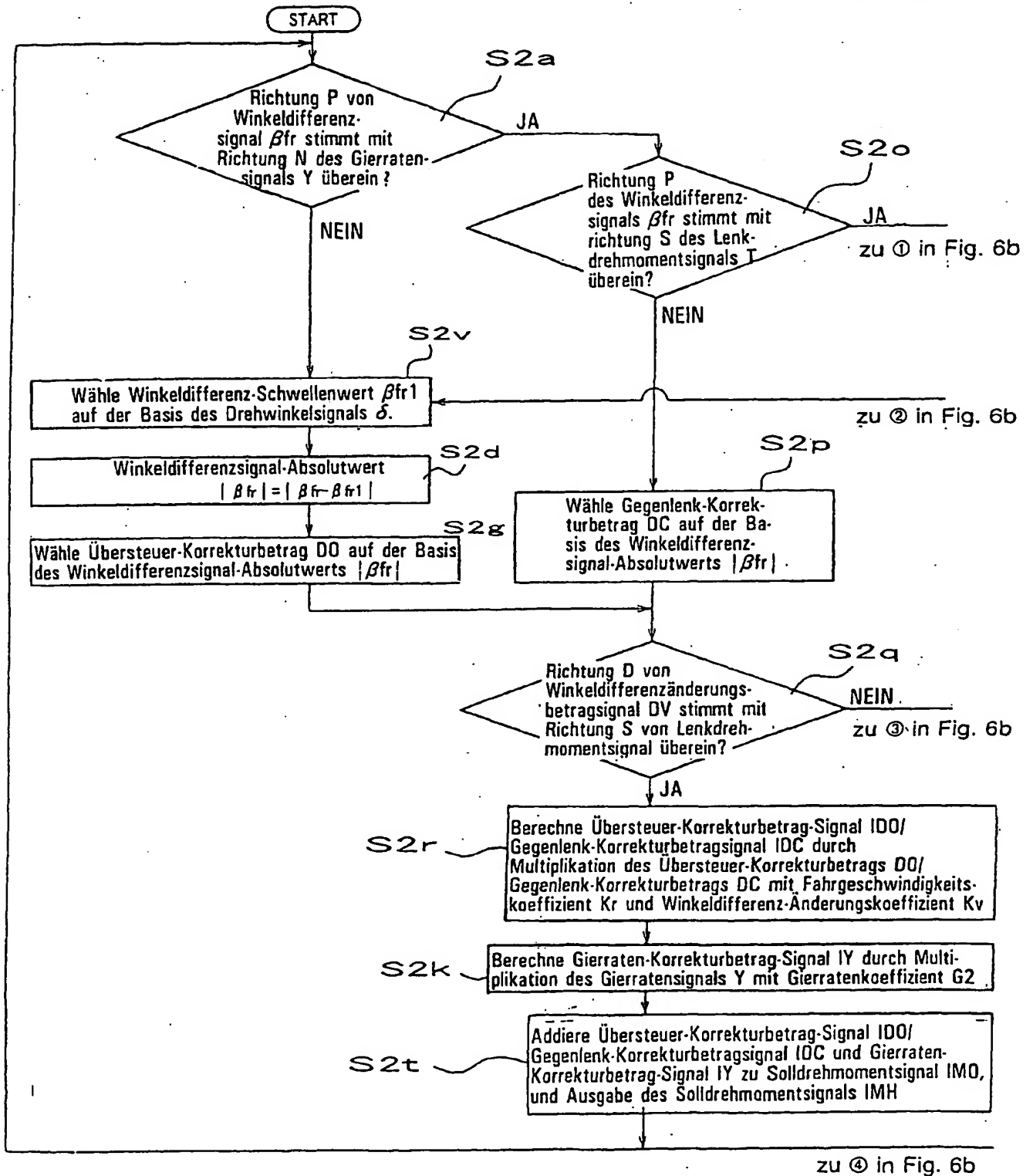




FIG. 6a



Die Figuren 6a und 6b bilden gemeinsam Figur 6

FIG. 6b

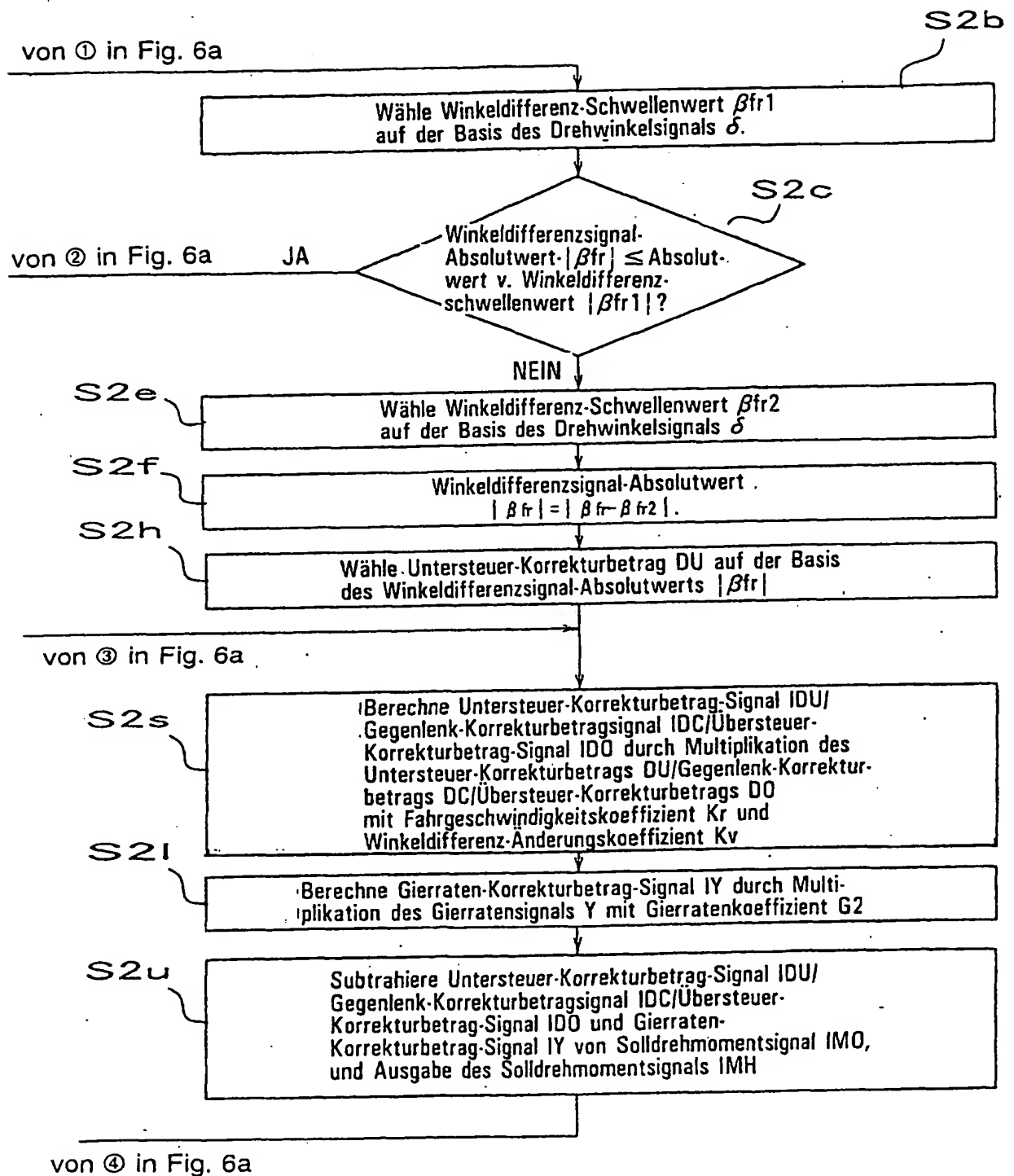


Fig. 7

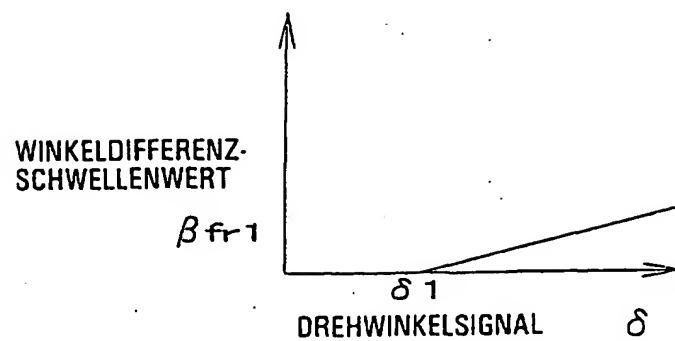


Fig. 8

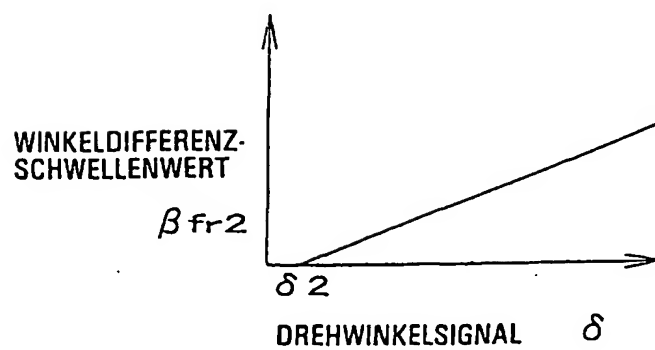


Fig. 9

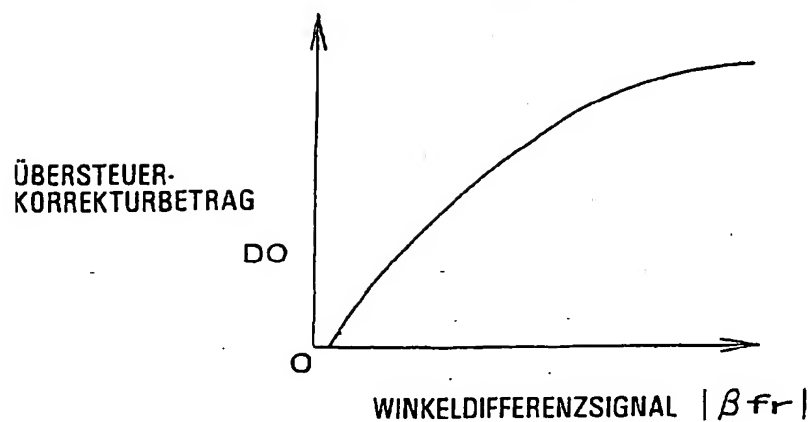


Fig. 10

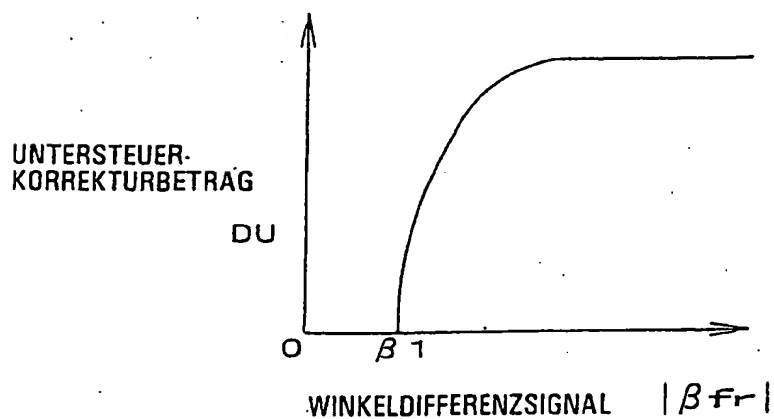


Fig. 11

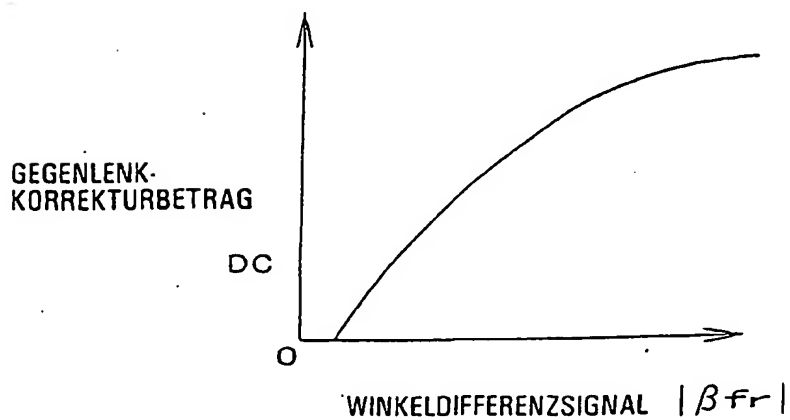


Fig. 12

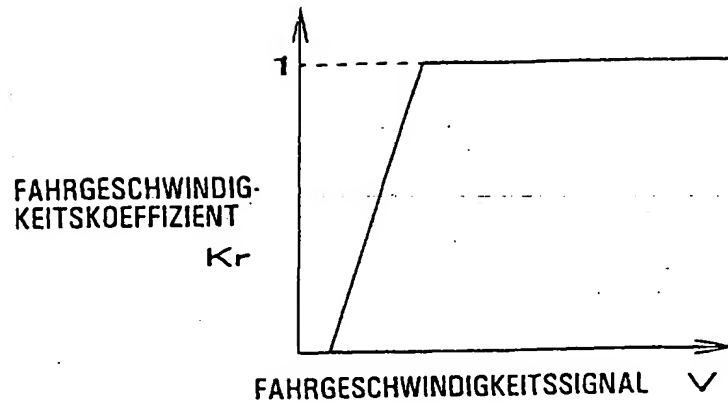


Fig. 13

